



TUGAS AKHIR - TF 145565

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING
TEMPERATUR *STEAM OUTPUT TERINTEGRASI*
HMI (*HUMAN MACHINE INTERFACE*) PADA *MINI*
PLANT BOILER DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**

ZULFA ANIS LABIBA
NRP. 2414 031 006

DOSEN PEMBIMBING
DR. BAMBANG LELONO WIDJANTORO ST, MT
NIP . 19690507 1995121 001

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK INSTRUMENTASI
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - TF 145565

***DESIGN OF TEMPERATURE MONITORING
STEAM OUTPUT INTEGRATED OF HMI
(HUMAN MACHINE INTERFACE) ON MINI
PLANT BOILER IN WORKSHOP
INSTRUMENTASI***

ZULFA ANIS LABIBA
NRP. 2414 031 006

ADVISOR LECTURE
DR. BAMBANG LELONO WIDJANTORO ST, MT
NIP . 19690507 1995121 001

STUDY PROGRAM OF D3 INSTRUMENTATION ENGINEERING
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING
Faculty Of Vocation
Sepuluh November Institute of Technology
Surabaya 2017

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING
TEMPERATUR STEAM OUTPUT TERINTEGRASI HMI
(HUMAN MACHINE INTERFACE) PADA MINI PLANT
BOILER DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**


TUGAS AKHIR

Oleh :

ZULFA ANIS LABIBA
NRP. 2421 031 006

Surabaya, 26 Juli 2017
Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing


Dr. Bambang Lelono Widjiantoro, ST, MT
NIP . 19690507 1995121 001

**Kepala Departemen Teknik
Instrumentasi ITS**



**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING
TEMPERATUR STEAM OUTPUT TERINTEGRASI HMI
(HUMAN MACHINE INTERFACE) PADA MINI PLANT
BOILER DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Program Studi D3 Teknik Instrumentasi
Departemen Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
ZULFA ANIS LABIBA
NRP. 2414 031 006

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Bambang Lelono W. ST, MT (Pembimbing)
2. Dr. Ir. Purwadi Agus D. M.Sc (Ketua Tim Penguji)
3. Dr. Ir. Totok Sochartanto, DEA (Penguji I)
4. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes (Penguji II)
5. Dr. Gunawan N. ST, MT (Penguji III)
6. Herry Sufyan Hadi, ST, MT (Penguji IV)

SURABAYA
JULI 2017

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING
TEMPERATUR *STEAM OUTPUT* TERINTEGRASI HMI
(*HUMAN MACHINE INTERFACE*) PADA MINI PLANT
BOILER DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**

Nama : Zulfa Anis Labiba
NRP : 2412031006
Jurusan : D3 Teknik Instrumentasi, ITS Surabaya
Pembimbing : Dr. Bambang Lelono Widjiantoro ST, MT

Abstrak

Telah dilakukan rancangan bangun sistem monitoring temperature pada *steam output* boiler, sistem monitoring ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi dari bahan bakar dengan membandingkan data temperature yang ada di ruang bakar dengan data temperature yang berada pada *steam output*. Pada sistem monitoring temperatur menggunakan alat ukur sensor termokopel baut tipe K dengan pengkondisian sinyal MAX6675. Termokopel baut tipe K dengan range pengukuran 0-400°C dengan panjang kabel 1 m, lebar 6,35 m dan berat 20g. Monitoring temperatur menggunakan PC sebagai visualisasi data. Diantaranya menggunakan Delphi7 sebagai *interface* dan sebagai penyimpanan database monitoring. Pengambilan data sistem monitoring pada *steam output* dibandingkan dengan data setiap kenaikan temperature pada ruang bakar sehingga dapat diberikan nilai *efisiensi* dari data yang dihasilkan nilai *efisiensi* sebesar 79.494%. Hal ini dikarenakan peletakan sensor yang berada di ruang bakar terlalu dekat dengan FD fan sehingga pada saat pipa panas tetapi sensor yang terbaca masih belum mencapainya, sehingga dapat mempengaruhi nilai *efisiensi*

Kata kunci : Temperatur, *Steam Output*, Boiler

MONITORING SYSTEM DESIGN OF HMI INTEGRATED STEAM OUTPUT TEMPERATURE (HUMAN MACHINE INTERFACE) ON MINI PLANT BOILER IN WORKSHOP INSTRUMENTATION

Name : *Zulfa Anis Labiba*

NRP : *2412031006*

Departement : *Diploma of Instrumentation Engineering, ITS
Surabaya*

Supervisor : *Dr. Bambang Lelono ST, MT*

Abstract

The system of monitoring of temperature in steam output of boiler has been done, the monitoring system is aimed to know the efficiency of the fuel by comparing the existing temperature data in the combustion chamber with the temperature data which is in the steam output. In a temperature monitoring system using a K type thermocouple sensor gauge with MAX6675 signal conditioning. K-type thermocouple with measurement range 0-400oC with cable length 1 m, width 6.35 m and weight 20g. Temperature monitoring using PC as data visualization. Among them using Delphi7 as an interface and as a storage monitoring database. Data retrieval system monitoring on steam output compared with the data of each temperature increase in the combustion chamber so that it can be given the efficiency value of the data generated efficiency value of 79.494%. This is because the laying of the sensor in the room is too close to the FD fan so that when the heat pipe but the sensor is still not read it, so it can affect the value of efficiency

Keywords : *Temperature, Steam Output, Boiler*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas berkat, rahmat dan kebesaran-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING TEMPERATUR *STEAM OUTPUT* TERINTEGRASI HMI (*HUMAN MACHINE INTERFACE*) PADA *MINI PLANT BOILER* DI WORKSHOP INSTRUMENTASI “ tepat pada waktunya.

Selama menyelesaikan tugas akhir ini penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua tercinta yang telah memberikan segala dukungan baik moral maupun materil serta dukungan yang sangat luar biasa
2. Bapak Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc selaku Kepala Departemen D3 Teknik Instrumentasi ITS yang telah memberikan semangat dan motivasi kepada kami
3. Bapak Ali Musyafa', Dr.Ir.MSc. selaku dosen wali kami
4. Bapak Dr. Bambang Lelono Widjiantoro, ST,MT selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, arahan dan saran yang membantu selama proses pengerjaan tugas akhir.
5. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA, selaku Kepala Laboraturium Workshop Instrumentasi yang telah memberikan izin menggunakan lab workshop instrumentasi sebagai tempat pengerjaan tugas akhir kami.
6. Terimakasih kepada mbak dan mas yang telah mendukung, memberikan motivasi selama ini.
7. Terimakasih kepada BOILER PROJECT TEAM, Rizal, tirta, Fizal, Towi dan fajar yang bersama-sama berjuang dalam pengerjaan tugas akhir ini
8. Teman-teman tercinta Workshop Intrumentasi 2014 yang selalu senantiasa memberikan semangat dan semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini,

9. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa kesempurnaan hanya milik Allah SWT. Oleh sebab itu, penulis sangat berterimakasih atas segala masukan, kritik dan saran yang membangun dari pembaca agar laporan ini menjadi lebih baik untuk di kemudian hari. Demikian laporan ini penulis buat, semoga laporan ini dapat memberikan manfaat selain bagi penulis sendiri, dan bagi pembaca sekalian.

Surabaya, 26 Juli 2017

Penulis

Zulfa Anis Labiba

NRP. 2412 031 006

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDULii
LEMBAR PENGESAHAN I.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN II.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Sistematika laporan.....	3

BAB II DASAR TEORI

2.2 Boiler.....	5
2.2 Sistem Monitoring.....	7
2.3 Efisiensi Boiler.....	14
2.4 Sensor Termokopel K.....	15
2.5 Sistem Akuisisi Data.....	16
2.6 Mikrokontroler Atmega32.....	17
2.7 Bascom AVR.....	18
2.8 HMI (<i>Human Machine Interface</i>).....	18
2.9 Delphi7.....	19

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 <i>Flow Chart</i> / Diagram Alir Pembuatan Alat.....	21
3.2 Gambaran Umum Boiler.....	22
3.3 Perancangan Sistem Monitoring.....	24
3.4 Perancangan <i>Hardware</i>	27

3.5 Perancangan <i>Software</i>	32
3.6 Pembuatan Pemrograman HMI.....	36

BAB IV ANALISIS DATA DAN KESIMPULAN

4.1 Pengujian Sensor Termokopel Tipe K.....	41
4.2 Pengambilan Data pada <i>Steam Output</i>	51
4.3 Pembahasan.....	53

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran.....	55

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Boiler dan skema kerja boiler	6
Gambar 2.2	Diagram Blok Sistem Pengukuran	7
Gambar 2.3	Tabel T Student.....	12
Gambar 2.4	Respon orde nol.....	13
Gambar 2.5	Respon Orde Satu	14
Gambar 2.6	Respon Orde Dua	14
Gambar 2.7	Sensor Termokopel K.....	15
Gambar 2.8	Diagram Blok Sistem Akuisisi Data	17
Gambar 2.9	Ic Chip Atmega32.....	17
Gambar 3.1	<i>Flow Chart</i> metofologi Pembuatan Alat.....	21
Gambar 3.2	<i>Block Flow Diagram</i> Boiler	23
Gambar 3.3	<i>Piping & Intrumentation Diagram</i> Boiler	25
Gambar 3.4	Diagram Blok Sistem Pengukuran	26
Gambar 3.5	Diagram Blok sensor dan modul Max6675.....	27
Gambar 3.6	Skematik Modul Max6675.....	28
Gambar 3.7	Konfigurasi Pin Atmega32.....	30
Gambar 3.8	Rangkaian Antarmuka RS232	30
Gambar 3.9	Rangkaian Skematik LCD dengan Atmega32.....	31
Gambar 3.10	Tampilan LCD pada Panel.....	32
Gambar 3.11	<i>Skematik</i> Rangkaian Atmega.....	33
Gambar 3.12	Membuka Halaman Text Editor Baru.....	34
Gambar 3.13	Tampilan pada BascomAVR	34
Gambar 3.14	Jendela cara melakukan Kompilasi Program.....	35
Gambar 3.15	Memilih Atmega32.....	35
Gambar 3.16	Pemrograman BascomAvr untuk LCD.....	36
Gambar 3.17	Tampilan untuk Membuka Delphi7	37
Gambar 3.18	Tampilan <i>grafik real time</i> suhu	37
Gambar 3.19	Tampilan untuk Pilih Port	38
Gambar 3.20	Tampilan untuk Koneksi pada <i>Interface</i>	38
Gambar 2.21	Tampilan monitoring suhu	39
Gambar 2.22	Data <i>Logger</i>	40
Gambar 4.1	Boiler <i>Plant</i>	41
Gambar 4.2	Peletakan Sensor Termokopel K	42
Gambar 4.3	Kalibrasi Sensor Termokopel	43
Gambar 4.4	Grafik Uji Sensor	44

Gambar 4.5 Grafi Perubahan temperatur terhadap waktu.....51

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Konfigurasi MAX6675 dengan Atmega32	28
Tabel 3.2	Konfigurasi Mikrokontroller Atmega32	29
Tabel 4.1	Tabel Uji Sensor	44
Tabel 4.2	Perhitungan Uji Sensor	45
Tabel 4.3	Tabel Perubahan Temperatur terhadap Waktu	50
Tabel 4.4	Data Nilai <i>Efisiensi</i> Boiler	52

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketel uap (boiler) merupakan alat untuk menghasilkan uap dengan mengubah air menjadi uap, dimana terdiri dari dua bagian penting yaitu dapur pemanasan yang menghasilkan panas yang didapat dari pembakaran bahan bakar dan boiler proper sebuah alat yang mengubah air menjadi uap^[1]. Air adalah media yang dipakai pada proses bertemperatur tinggi ataupun untuk perubahan parsial menjadi energi mekanis didalam sebuah turbin^[2]. Energi mekanik digunakan untuk menggerakkan turbin generator yang kemudian akan dikonversi menjadi energi listrik.

Pada boiler dapat terjadi sistme penurunan kinerja boiler, turunnya kinerja boiler disebabkan oleh buruknya pembakaran, kotornya sistem penukar panas serta buruknya operasi dan pemeliharannya^[3]. Dengan turunnya unjuk kinerja boiler akan memberikan dampak terhadap penurunan *efisiensi*, sehingga diperlukan suatu sistem monitoring untuk mengetahui besarnya nilai iefisiensi dari boiler. Pada tugas akhir sebelumnya dilakukan sistem monitoring temperature pada *steam output*, sistem monitoring ini bertujuan memonitoring temperature pada *steam output* agar sesuai dengan *set point*, tetapi pada penelitian sebelumnya belum dibahas mengenai *efisiensi* daripada boiler, padahal temperature sering mengalami perubahan suhu hal ini dikarenakan penggunaan bahan bakar yang berlebih sehingga berpengaruh terhadap temperature *steam* tersebut^[4].

Oleh karena itu dibuatkan tugas akhir dengan judul “Rancang Bangun Sistem Monitoring Temperatur *steam output terintegrasi* HMI (*human machine interface*) pada *mini plant boiler* di workshop instrumentasi”. Hal ini digunakan untuk memonitoring temperatur pada *steam output* terhadap perubahan suhu pada ruang bakar boiler sehingga dapat diketahui nilai *efisiensi* dari boiler.

1.2 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, maka rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana merancang sebuah alat monitoring temperature *steam output* terintegrasi HMI pada *power plant* di workshop Instrumentasi ?
2. Bagaimana proses monitoring temperature *steam output* terintegrasi HMI pada *power plant* di workshop Instrumentasi ?

1.3 Batasan Masalah

Perlu diberikan beberapa batasan permasalahan agar pembahasan tidak menyimpang dari tujuan. Adapun batasan permasalahannya yaitu adalah:

1. Fokus tugas akhir ini membahas tentang sistem monitoring temperatur pada *steam output* .
2. Sistem monitoring ini menggunakan Atmega32 untuk mengolah sinyal *output* sensor termokopel yang divisualisasikan pada software Delphi.
3. Alat ukur yang digunakan berupa sensor termokopel baut type K dengan range pengukuran 0-400°C

1.4 Tujuan

Tujuan utama dari rancang bangun alat ini adalah untuk memenuhi mata kuliah tugas akhir sebagai syarat kelulusan dari program studi diploma 3 Metrologi dan Instrumentasi, serta untuk memberikan solusi pada rumusan masalah yaitu :

1. Menghasilkan alat yang difokuskan untuk monitoring *steam output* menggunakan ATmega32 yang terintegrasi HMI pada *power plant*.
2. Mengetahui proses monitoring temperature *steam output* untuk mengetahui redamen atau nilai efisiensi dari boiler.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari tugas akhir ini yaitu :

1. Tugas akhir ini dapat dijadikan untuk bekal bagi peserta untuk kedepannya dalam menghadapi dunia tentang industri yang terkait dengan sistem kontrol pada *power plant*.
2. Tugas akhir ini dapat dijadikan sebagai ajang menambah pengetahuan bagi adik tingkat di program studi D3 Metrologi dan Instrumentasi tentang sistem kontrol pada *power plant*.

1.6 Sistematika Laporan

Dalam Penyusunan tugas akhir ini, sistematika laporan akan disusun secara sistematis yang terbagi dalam beberapa bab, yakni dengan perincian sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab I ini terdiri dari penjelasan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika laporan

BAB II Tinjauan Pustaka

Pada bab II ini berisikan tentang teori-teori penunjang tugas akhir, antara lain teori tentang gambaran umum PLTU, sistem Monitoring, sistem akuisisi data, metode pengukuran temperatur, efisiensi boiler, Atmega32, dan Delphi sebagai software akuisisi data

BAB III Perancangan dan Pembuatan Alat

Dalam bab ini terdiri dari penjelasan secara detail langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan dari penelitian. Produk yang dihasilkan dari tahap-tahap yang telah dilakukan adalah perancangan dan model yang siap untuk dibuat, diuji dan dianalisa

BAB IV Pengujian Alat dan Analisa Data

Pada bab ini merupakan tindak lanjut dari bab III, dimana jika telah melaksanakan perancangan dan pembuatan alat maka dilakukan pengujian alat sehingga memperoleh data baik data berupa

grafik maupun tabulasi, kemudian dilakukan analisa data dan pembahasan

BAB V

Kesimpulan dan saran

Dalam bab ini adalah berisi mengenai kesimpulan pokok dari keseluruhan rangkaian penelitian yang telah dilakukan serta saran yang dapat dijadikan rekomendasi sebagai pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB II

TEORI PENUNJANG

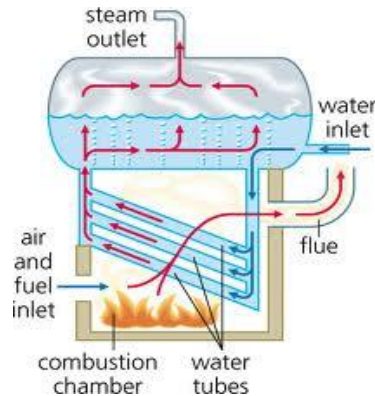
2.1 Boiler

Boiler atau ketel uap adalah suatu perangkat mesin yang berfungsi untuk mengubah air menjadi uap. Proses perubahan air menjadi uap terjadi dengan memanaskan air yang berada didalam pipa-pipa dengan memanfaatkan panas dari hasil pembakaran bahan bakar. Pembakaran dilakukan secara kontinyu didalam ruang bakar dengan mengalirkan bahan bakar dan udara dari luar. Uap yang dihasilkan boiler adalah uap *superheat* dengan tekanan dan temperatur yang tinggi. Jumlah produksi uap tergantung pada luas permukaan pemindah panas, laju aliran, dan panas pembakaran yang diberikan. Boiler yang konstruksinya terdiri dari pipa-pipa berisi air disebut dengan *water tube boiler*. Pemindah panas dalam *boiler* terjadi dalam proses^[5] :

1. Radiasi di ruang bakar
2. Konveksi di *Economizer* dan *Air Heater*
3. Kombinasi radiasi dan konveksi di *Superheater* dan *Reheater*

Dalam *power plant*, energi secara terus menerus diubah dari satu bentuk ke bentuk lain untuk menghasilkan listrik. Komponen yang mengawali perubahan sendiri dan pengaliran energi disebut boiler. Definisi boiler sendiri sebagai suatu komponen pada *power plant* adalah suatu bejana tertutup yang secara efisien mampu merubah air menjadi steam dengan bantuan panas dari proses pembakaran.

Panas yang diberikan kepada fluida di dalam boiler berasal dari proses pembakaran dengan berbagai macam jenis bahan bakar yang dapat digunakan, seperti kayu, batubara, solar/minyak bumi, dan gas. Dengan adanya kemajuan teknologi, energi nuklir pun juga digunakan sebagai sumber panas pada boiler



Gambar 2.1 Boiler dan skema kerja boiler^[5]

Jenis *water tube* dapat dilihat pada gambar 2.1 dimana proses pengapian terjadi pada sisi luar pipa, sehingga panas akan terserap oleh air yang mengalir di dalam pipa, pada boiler terdapat beberapa bagian, berikut ini merupakan bagian-bagian dari boiler dan fungsinya :

a. Tungku Pengapian (*Furnace*)

Bagian ini merupakan tempat terjadinya pembakaran bahan bakar yang akan menjadi sumber panas, proses penerimaan panas oleh media air dilakukan melalui pipa yang telah dialiri air, pipa tersebut menempel pada dinding tungku pembakaran^[6].

b. *Steam drum*

Steam drum berfungsi sebagai tempat penampungan air panas serta tempat terbentuknya uap. Drum ini menampung uap jenuh (*saturated steam*) beserta air dengan perbandingan antara 50% air dan 50% uap. untuk menghindari agar air tidak terbawa oleh uap, maka dipasang sekat-sekat, air yang memiliki suhu rendah akan turun ke bawah dan air yang bersuhu tinggi akan naik ke atas dan kemudian menguap^[6].

c. *Superheater*

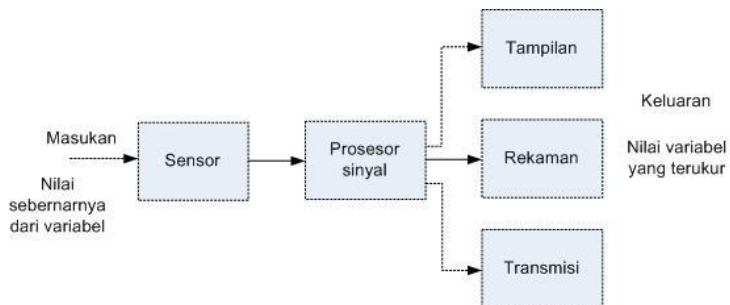
Merupakan tempat pengeringan steam, dikarenakan uap yang berasal dari steam drum masih dalam keadaan basah sehingga belum dapat digunakan. Proses pemanasan lanjutan

menggunakan superheater pipe yang dipanaskan dengan suhu 260°C sampai 350°C . Dengan suhu tersebut, uap akan menjadi kering dan dapat digunakan untuk menggerakkan turbin maupun untuk keperluan peralatan lain^[6].

2.2 Sistem Monitoring

Monitoring merupakan pemantauan pada suatu proses atau sistem yang mencapai hasil yang diharapkan baik secara kualitas dan kuantitas dengan efektif. Monitoring dilakukan dengan tujuan untuk meminimalkan gangguan jika terdeteksi suatu gangguan atau kegagalan dalam suatu sistem. Monitoring selain berfungsi sebagai pengawasan juga berfungsi untuk merekam apa yang terjadi pada sistem yang dimonitor dalam bentuk data table maupun grafik yang ditampilkan dalam bentuk *display*^[7].

Untuk mempermudah dalam melakukan pengukuran maka perlu diketahuimengenai pronsip dasar pengukuran seperti gambar berikut :



Gambar 2.2 Diagram Block Sistem Pengukuran^[7]

Sensor adalah elemen sistem yang secara efektif berhubungan dengan proses dimana suatu variabel sedang diukur dan menghasilkan suatu keluaran dalam bentuk tertentu tergantung pada variabel masukannya, dan dapat digunakan oleh bagian sistem pengukuran yang lain untuk mengenali nilai

variabel tersebut. sebagai contoh adalah sensor termokopel yang memiliki masukan berupa temperatur serta keluaran berupa gaya gerak listrik (GGL) yang kecil. GGL yang kecil ini oleh bagian sistem pengukuran yang lain dapat diperkuat sehingga diperoleh pembacaan pada alat ukur.

Prosesor sinyal merupakan elemen sistem instrumentasi yang akan mengambil keluaran dari sensor dan mengubahnya menjadi suatu bentuk besaran yang cocok untuk tampilan dan transmisi selanjutnya dalam beberapa sistem kontrol. Seperti pengondisi sinyal (signal conditioner) merupakan salah satu bentuk prosesor sinyal.

Penampil data Elemen ini menampilkan nilai-nilai yang terukur dalam bentuk yang bisa dikenali oleh pengamat, seperti melalui sebuah alat penampil (display), misalnya sebuah jarum penunjuk (pointer) yang bergerak disepanjang skala suatu alat ukur. Selain ditampilkan, sinyal tersebut juga dapat direkam, misalnya pada kertas perekam diagram atau pada piringan magnetik, ataupun ditransmisikan ke beberapa sistem yang lain seperti sistem kontrol/kendali^[7].

2.2.1 Karakteristik Statis

Merupakan karakter yang menggambarkan parameter instrument dalam keadaan *steady*. Adapun yang termasuk dalam bagian dari karakteristik static adalah sebagai berikut :

- a. Akurasi (ketelitian)
Ketepatan alat ukur dalam memberikan hasil pengukuran.
- b. Presisi (*Repeatability*)
Kemampuan sistem pengukuran untuk menampilkan ulang output yang sama pada pengukuran berulang singkat.
- c. Toleransi
Menunjukkan kesalahan maksimum.

- d. Range (span)
Selisih nilai maksimum dan minimum yang dapat diukur oleh alat.
- e. Sensitivitas
Perubahan output instrument yang terjadi ketika kualitas pengukuran berubah.
- f. Linieritas
Pengukuran yang baik adalah jika input pengukuran (nilai sesungguhnya) memberikan *output* (nilai yang ditunjukkan alat ukur) yang sebanding lurus. Sehingga bisa dikatakan bahwa linieritas adalah terjadinya penyimpangan garis linier^[7].

Ketidakpastian Pengukuran

Suatu parameter yang berhubungan dengan hasil pengukuran yang mengarakteristikan (memberikan sifat) penyebaran nilai-nilai layak dikaitkan dengan besaran ukur. Dalam perhitungan ketidakpastian pengukuran ada beberapa langkah yang harus dihitung antara lain^[7] :

a. Koreksi

koreksi dapat diperoleh dengan persamaan berikut

koreksi = pembacaan standart – pembacaan alat

b. Standart Deviasi

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum(y_i - y)^2}}{n - 1}$$

Dimana :

Y_i = koreksi alat ukur

Y_i' = rata-rata koreksi

N = banyak range pengukuran

c. Analisa Type A, (Ua)

Pada analisa tipe A ini hasilnya diperoleh dari data pengukuran. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut :

$$U_{a1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

d. Ketidakpastian Ua2

Ketidakpastian Ua2 dapat dihitung dengan persamaan :

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} \text{ (Ketidakpastian regresi)}$$

e. Analisa type B, Ub

Analisa type B ini diperoleh berdasarkan sertifikat kalibrasi atau spesifikasi dari alat ukur. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut :

UB₁ (Ketidakpastian resolusi) :

$$\frac{\frac{1}{2} \times \text{Resolusi}}{\sqrt{3}}$$

UB₂ (Ketidakpastian resolusi) :

$$\frac{a}{k}$$

f. Ketidakpastian Kombinasi , Uc

Uc merupakan ketidakpastian kombinasi dari ketidakpastian tipe A dan ketidakpastian tipe B. Adapun persamaan dari ketidakpastian kombinasi adalah :

$$U_c = \sqrt{U_{A1}^2 + U_{A2}^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2}$$

Dimana :

U_c = Nilai ketidakpastian kombinasi

U_{A1} = Nilai ketidakpastian hasil pengukuran

U_{A2} = Nilai ketidakpastian regresi

U_{B1} = Nilai ketidakpastian resolusi

U_{B2} = Nilai ketidakpastian kalibrator

g. Ketidakpastian di perluas

U_c merupakan ketidakpastian kombinasi dari ketidakpastian tipe A dan ketidakpastian tipe B. Adapun persamaan dari ketidakpastian kombinasi adalah :

$$U_c = \sqrt{U_{A1}^2 + U_{A2}^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2}$$

Dimana :

U_c = Nilai ketidakpastian kombinasi

U_{A1} = Nilai ketidakpastian hasil pengukuran

U_{A2} = Nilai ketidakpastian regresi

U_{B1} = Nilai ketidakpastian resolusi

U_{B2} = Nilai ketidakpastian kalibrator

Hasil akhir kalibrasi adalah ketidakpastian diperluas sehingga alat ukur tersebut dapat diketahui ketidakpastiannya melalui *Uexpand*. Persamaan *Uexpand* adalah :

$$U_{expand} = K \cdot U_c^{[7]}$$

Dimana :

k = Faktor cakupan

U_c = Nilai ketidakpastian kombinasi

Untuk mencari nilai k , maka melihat table t student sesuai dengan *confidence level 95%*. Tabel T *student* dapat dilihat pada gambar berikut :

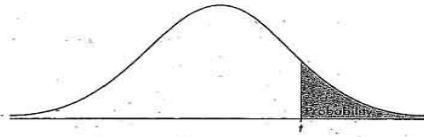


TABLE B: t-DISTRIBUTION CRITICAL VALUES

df	Tail probability p											
	.25	.20	.15	.10	.05	.025	.02	.01	.005	.0025	.001	.0005
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	15.89	31.82	63.66	127.3	318.3	636.6
2	.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	4.849	6.965	9.925	14.09	22.33	31.60
3	.765	.978	1.250	1.638	2.353	3.182	3.482	4.541	5.841	7.453	10.21	12.92
4	.741	.941	1.190	1.533	2.132	2.776	2.999	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	.727	.920	1.156	1.476	2.015	2.571	2.757	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	.718	.906	1.134	1.440	1.943	2.447	2.612	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	.711	.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.517	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8	.706	.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.449	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	.703	.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.398	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	.700	.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.359	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	.697	.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.328	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	.695	.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.303	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	.694	.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.282	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14	.692	.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.264	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15	.691	.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.249	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16	.690	.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.235	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17	.689	.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.224	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	.688	.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.214	2.552	2.878	3.197	3.611	3.922
19	.688	.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.205	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20	.687	.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.197	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850
21	.686	.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.189	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819
22	.686	.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.183	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792
23	.685	.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.177	2.500	2.807	3.104	3.485	3.768
24	.685	.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.172	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745
25	.684	.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.167	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725
26	.684	.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.162	2.479	2.779	3.067	3.435	3.707
27	.684	.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.158	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690
28	.683	.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.154	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674
29	.683	.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.150	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659
30	.683	.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.147	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646
40	.681	.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.123	2.423	2.704	2.971	3.307	3.551
50	.679	.849	1.047	1.299	1.676	2.009	2.109	2.403	2.678	2.937	3.261	3.496
60	.679	.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.099	2.390	2.660	2.915	3.232	3.460
80	.678	.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.088	2.374	2.639	2.887	3.195	3.416
100	.677	.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.081	2.364	2.626	2.871	3.174	3.390
1000	.675	.842	1.037	1.282	1.646	1.962	2.056	2.330	2.581	2.813	3.098	3.300
∞	.674	.841	1.036	1.282	1.645	1.960	2.054	2.326	2.576	2.807	3.091	3.291
	50%	60%	70%	80%	90%	95%	96%	98%	99%	99.5%	99.8%	99.9%
	Confidence level C											

Gambar 2.3 Tabel T student^[7]

h. **V efektif**

$$V_{eff} = \frac{(U_c)^4}{\sum (U_i)^4 / V_i}$$

Dimana

Veff : Derajat kebebasan efektif dari ketidakpastian kombinasi

Vi : Derajat kebebasan dari komponen ketidakpastian ke-i

Ui : Hasil ketidakpastian tipe A dan B^[7]

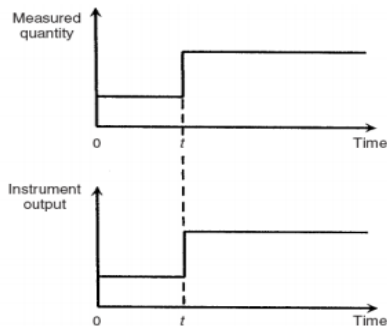
2.2.2 Karakteristik dinamik

Karakteristik dinamik dari sebuah alat ukur menggambarkan perilakunya antara waktu yang terukur dengan perubahan nilai dan waktu ketika sebuah alat output mencapai nilai stabil. Nilai karakteristik dinamik dikutip dalam lembaran instrumen data hanya berlaku pada saat instrumen yang digunakan dalam kondisi lingkungan tertentu^[7].

Karakteristik dinamik dikelompokkan menjadi tiga orde diantaranya:

1. Instrument orde nol

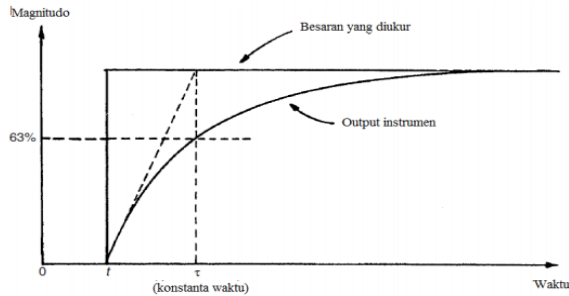
Pada Instrument orde nol, ketika ada perubahan input pengukuran, output akan bergerak cepat menuju nilai baru sehingga mendekati respon *step*. Berikut ini merupakan respon output orde nol



Gambar 2.4 Respon orde nol^[7]

2. Instrument orde satu

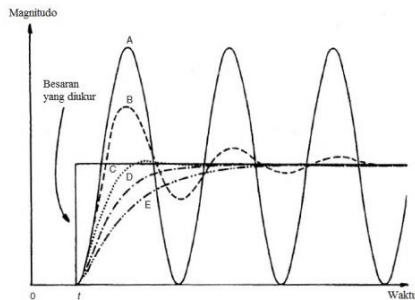
Pada instrument orde satu, saat ada perubahan step input pengukuran, output instrumen berubah secara gradual (tidak secara tiba-tiba seperti instrumen orde nol) dan membutuhkan waktu untuk mencapai kondisi yang sama dengan nilai besaran yang diukur. Pada orde ini nilainya dipengaruhi oleh karakteristik statik instrumen.



Gambar 2.5 Respon Orde Satu^[7]

3. Instrument orde dua

Pada instrument orde dua ini dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya rasio redaman, sensitivitas statik, dan frekuensi natural tak teredam. Redaman sangat mempengaruhi respon terhadap perubahan step input. Bentuk respon step besaran output o yang diperoleh bergantung pada nilai parameter rasio redaman.



Gambar 2.6 Respon Orde Dua^[7]

2.3 Efisiensi Boiler

Efisiensi redament atau daya guna merupakan perbandingan nilai keuntungan yang bisa diperoleh dengan daya yang tersedia.

Makin tinggi nilai efisiensi, boiler akan makin hemat bahan bakar. Efisiensi dinilai tidak hanya dari segi perhitungan teknis saja, tetapi juga dari perhitungan ekonominya.

$$\eta = \text{efisiensi} = \frac{\text{input} - \text{output}}{\text{Input}} = \frac{H_1 - h_2}{\text{input}} = \frac{t_1 - t_2}{t_1}$$

Keterangan :

Input : total energy yang diberikan kepada sistem

Output : input , semua kerugian

Besarnya kerugian tergantung pada kondisi teknik unit, pada pola pengoperasian, pada usia unit dan komponennya, kerugian boiler meliputi panas hilang, pembakaran tidak sempurna, kebocoran gas/uap/air, pipa boiler yang kotor pada sisi gas dan/atau sisi air^[8].

2.4 Sensor Termokopel K

Termokopel (Thermocouple) adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek “*Thermo-electric*”. Prinsip kerja Termokopel cukup mudah dan sederhana. Pada dasarnya Termokopel hanya terdiri dari dua kawat logam konduktor yang berbeda jenis dan digabungkan ujungnya. Satu jenis logam konduktor yang terdapat pada Termokopel akan berfungsi sebagai referensi dengan suhu konstan (tetap) sedangkan yang satunya lagi sebagai logam konduktor yang mendeteksi suhu panas^[9].



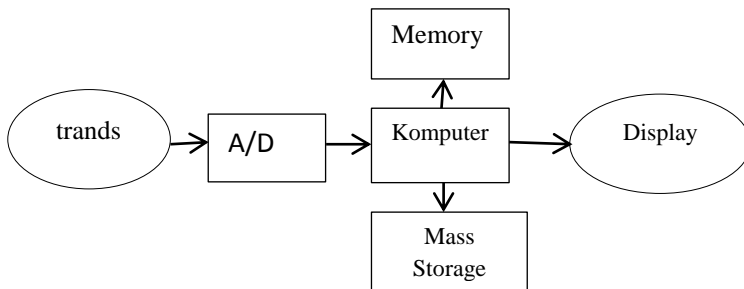
Gambar 2.7 Sensor Thermocouple^[9]

Berdasarkan Gambar diatas, ketika kedua persimpangan atau Junction memiliki suhu yang sama, maka beda potensial atau tegangan listrik yang melalui dua persimpangan tersebut adalah “NOL” atau $V_1 = V_2$. Akan tetapi, ketika persimpangan yang terhubung dalam rangkaian diberikan suhu panas atau dihubungkan ke obyek pengukuran, maka akan terjadi perbedaan suhu diantara dua persimpangan tersebut yang kemudian menghasilkan tegangan listrik yang nilainya sebanding dengan suhu panas yang diterimanya atau $V_1 - V_2$. Tegangan Listrik yang ditimbulkan ini pada umumnya sekitar $1 \mu\text{V} - 70 \mu\text{V}$ pada tiap derajat Celcius. Tegangan tersebut kemudian dikonversikan sesuai dengan Tabel referensi yang telah ditetapkan sehingga menghasilkan pengukuran yang dapat dimengeti^[9].

2.5 Sistem Akuisisi Data

Sistem akuisisi data mengkonversikan besaran fisis sumber data ke bentuk sinyal digital dan di olah oleh suatu komputer. Sistem akuisisi data dapat didefinisikan sebagai suatu sistem yang berfungsi untuk mengambil, mengumpulkan dan menyiapkan data, hingga memprosesnya untuk menghasilkan data yang dikehendaki. Jenis serta metode yang di pilih pada umumnya bertujuan untuk menyederhanakan setiap langkah yang dilaksanakan pada keseluruhan proses. Suatu sistem akuisisi data pada umumnya dibentuk sedemikian rupa sehingga sistem tersebut berfungsi untuk mengambil, mengumpulkan dan menyimpan data dalam bentuk yang siap untuk diproses lebih lanjut. Sebuah sistem akuisisi data atau biasa dikenal Data *Acquisition System* (DAS) merupakan system instrumentasi elektronik yang terdiri dari sejumlah elemen yang secara bersama-sama bertujuan untuk melakukan pengukuran, menyimpan, dan mengolah hasil pengukuran. Secara aktual DAS berupa *interface* antara lingkungan *analog* dengan lingkungan digital. Lingkungan analog meliputi tranduser dan pengkondisian sinyal dengan segala kelengkapannya, sedangkan lingkungan digital meliputi *analog to digital converter* dan selanjutnya pemrosesan digital yang dilakukan oleh mikrokontroller.

Komputer yang digunakan untuk system akuisisi transfer pada komputer yang bersangkutan mempengaruhi kinerja dari sistem akuisisi data secara keseluruhan^[10].



Gambar 2.8 Diagram Blok Sistem Akuisisi Data^[10]

Suatu konfigurasi sistem akuisisi data sangat tergantung pada jenis dan jumlah transduser serta teknik pengolahan yang akan digunakan. Konfigurasi ini dapat dilihat dari banyaknya transduser atau kanal yang digunakan, kecepatan pemrosesan data dan letak masing-masing komponen pada sistem akuisisi data.

2.6 Mikrokontroler Atmega32

Mikrokontroler ATMEGA32 adalah mikrokontroler yang diproduksi oleh Atmel. mikrokontroler ini memiliki clock dan kerjanya tinggi sampai 16 MHz, ukuran flash memorinya cukup besar, kapasitas SRAM sebesar 2 KiloByte, 32 buah port I/O yang sangat memadai untuk berinteraksi dengan LCD dan keypad^[11].



Gambar 2.9 Ic Chip Atmega32^[11]

2.7 BascomAVR

BASCOM AVR sendiri adalah salah satu tool untuk pengembangan / pembuatan program untuk kemudian ditanamkan dan dijalankan pada mikrokontroler terutama mikrokontroler keluarga AVR . BASCOM AVR juga bisa disebut sebagai IDE (Integrated Development Environment) yaitu lingkungan kerja yang terintegrasi, karena disamping tugas utamanya meng-compile kode program menjadi file hex / bahasa mesin, BASCOM AVR juga memiliki kemampuan / fitur lain yang berguna sekali seperti monitoring komunikasi serial dan untuk menanamkan program yang sudah di compile ke mikrokontroler^[12].

BASCOM AVR menyediakan pilihan yang dapat mensimulasikan program. Program simulasi ini bertujuan untuk menguji suatu aplikasi yang dibuat dengan pergerakan LED yang ada pada layar simulasi dan dapat juga langsung dilihat pada LCD, jika kita membuat aplikasi yang berhubungan dengan LCD. Intruksi yang dapat digunakan pada editor BASCOM AVR relatif cukup banyak dan tergantung dari tipe dan jenis AVR yang digunakan^[12].

2.8 HMI (*Human Machine Interface*)

Human Machine Interface (HMI) adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dan mesin. HMI dapat berupa pengendali dan visualisasi status, baik dengan manual maupun melalui visualisasi komputer yang bersifat real time. Tujuan digunakan-nya HMI adalah untuk meningkatkan interaksi antara operator dan mesin melalui tampilan di layar monitor^[13].

Selain itu pada HMI terdapat juga visualisasi pengendali mesin berupa push button, input reference dan sebagainya yang dapat difungsikan untuk mengontrol atau mengendalikan mesin sebagaimana mestinya. Selain itu pada HMI dapat ditampilkan alarm jika terjadi kondisi bahaya di dalam mesin. Sebagai

tambahan, HMI dapat juga menampilkan data-data rangkuman kerja mesin secara grafik^[13].

2.10 Delphi

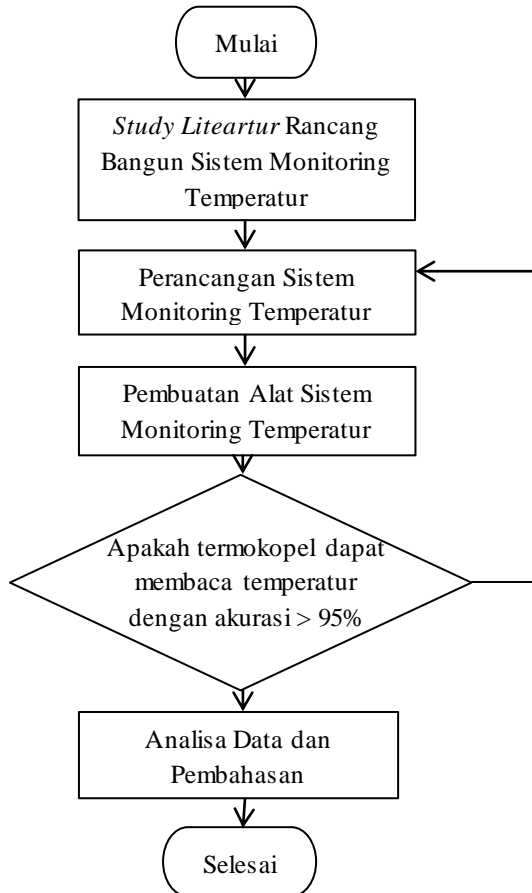
Delphi merupakan bahasa pemrograman berbasis Windows yang menyediakan fasilitas pembuatan aplikasi visual seperti Visual Basic. Delphi memberikan kemudahan dalam menggunakan kode program, kompilasi yang cepat, penggunaan file unit ganda untuk pemrograman modular, pengembangan perangkat lunak, pola desain yang menarik serta diperkuat dengan bahasa pemrograman yang terstruktur dalam bahasa pemrograman Object Pascal. Delphi memiliki tampilan khusus yang didukung suatu lingkup kerja komponen Delphi untuk membangun suatu aplikasi dengan menggunakan Visual Component Library (VCL). Sebagian besar pengembang Delphi menuliskan dan mengkompilasi kode program dalam IDE (Integrated Development Environment)^[14].

Halaman ini sengaja diosongkan

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 *Flow chart/ Diagram Alir Pembuatan Alat*

Pada subbab ini dijelaskan mengenai prosedur tahapan dalam penelitian tugas akhir yang dilakukan. Dengan *flowchart* dibawah ini



Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

Adapun keterangan gambar 3.1 mengenai digram alir dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. Studi Literatur

Dilakukan kajian terhadap metode-metode, konsep, atau teori yang terkait dengan penelitian yang dilakukan, baik yang bersumber dari jurnal, laporan penelitian, maupun buku-buku yang memiliki bahasan yang sesuai dengan tema penelitian.

b. Perancangan Sistem Monitoring

Dilakukan perancangan sistem monitoring pada *steam output* boiler, perancangan dilakukan dengan membuat desain mekanik alat serta desain visualisasi data yang akan ditampilkan.

c. Pembuatan Alat

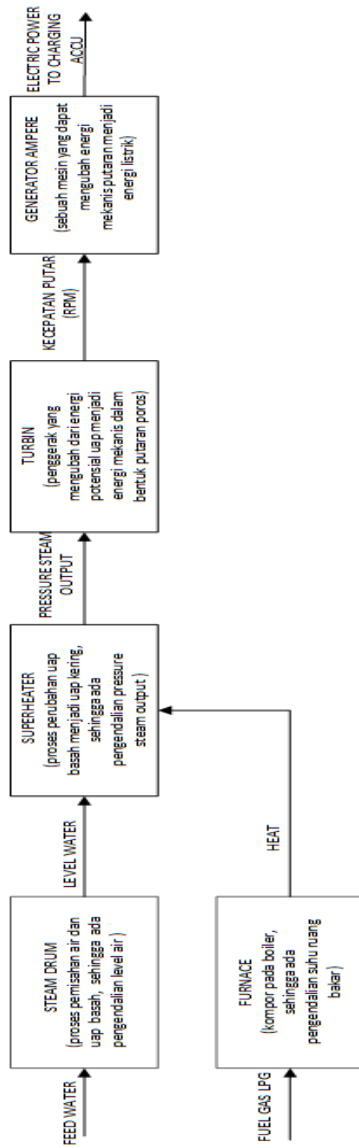
Dilakukan pembuatan sistem monitoring pada *steam output* boiler, pembuatan sistem monitoring dilakukan dengan membuat *Hardware* dan *software* dari sistem monitoring, pembuatan *hardware* meliputi pembuatan mekanik alat dan pembuatan *software* meliputi pembuatan *visualisasi* data yang akan ditampilkan berdasarkan hasil ukur alat ukur.

d. Analisis Kinerja Sistem Monitoring

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui apakah kinerja dari masing-masing komponen sesuai dengan perancangan mekanik alat serta bentuk *visualisasi* dari hasil pengukuran, apabila tidak sesuai maka akan dilakukan evaluasi terhadap perancangan sistem monitoring.

3.2 Gambaran Umum Boiler

Pada perancangan tugas akhir ini dilakukan sistem monitoring temperatur pada *steam output* boiler, pada sistem monitoring temperatur ini terletak pada *steam output* boiler yang merupakan *outlet* setelah *superheated steam*, pada *plant* ini terdapat beberapa proses yaitu proses berubahnya fase air menjadi fase uap, pada boiler terdapat serangkaian pipa-pipa yang didalamnya terdapat air, dan proses perapian terjadi diluar pipa, jenis boiler yang digunakan adalah tipe *water tube*.



Gambar 3.2 Block Flow Diagram Boiler

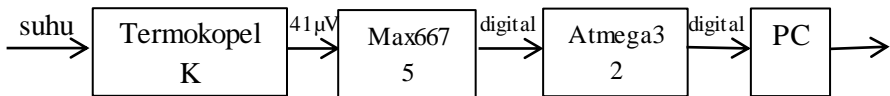
Pada gambar diatas merupakan proses yang ada pada boiler yang berawal dari air umpan yang kemudian dialirkan ke *steam drum* pada *steam drum* ini terjadi pemisahan antara fase air dan fase uap, ketinggian air pada *steam drum* harus dijaga sehingga terdapat sistem kontrol level pada *steam drum* , pada proses pembakaran juga terdapat sistem kontrol temperatur pada ruang bakar yang bertujuan untuk menyalahkan dan menghidupkan api secara otomatis,

Sebelum menuju *steam drum* air dipanaskan menjadi uap jenuh kemudian akan masuk pada *superheated steam* pada bagian ini uap yang dihasilkan merupakan uap kering bertekanan sehingga terdapat sistem pengendalian *pressure* yang nantinya digunakan untuk memutar turbin, tekanan yang dihasilkan oleh boiler harus *high pressure* dengan temperatur yang tinggi agar dapat memutar turbin generator, dari proses ini terjadi perubahan energi mekanik menjadi energi elektrik. Perubahan energi mekanik terjadi dari pergerakan turbin oleh *high pressure* yang kemudian dikonversikan menjadi energi listrik oleh generator.

3.3 Perancangan Sistem Monitoring Temperatur

Pada tugas akhir ini dirancang Sistem monitoring temperatur *steam output* boiler pada *mini plant boiler terintegrasi HMI (Human Machine Interface)* di workshop Instrumentasi, sistem ini bertujuan untuk mengetahui nilai redamen/*efisiensi* daripada boiler, pada boiler terdiri dari beberapa proses untuk mengubah air menjadi uap yang bertekanan, uap bertekanan atau *steam* ini digunakan untuk memutar turbin genearator guna menghasilkan energi listrik. Perancangan sistem monitoring temperatur terdapat pada *steam output* boiler yang terletak pada *outlet* boiler.

Pada gambar 3.3 merupakan P&ID dari boiler pada gambar tersebut sistem monitoring temperature *steam output* terdapat pada gambar yang dilingkar merah, *steam* merupakan hasil produksi dari suatu sitem pembakaran pada boiler, *steam* yang keluar dari *steam output* tersebut merupakan uap bertekanan dengan tekanan 4-5 bar serta temperature mencapai 150 °C, perancangan sistem monitoring temperature ini terdapat beberapa proses yaitu perancangan pada *sensing element*, komponen *sensing elemnt* ini menggunakan sensor termokopel baut tipe k pada P&ID ditunjukkan pada TT003, pemrosesan sinyal menggunakan mikrokontroller Atmega32 serta tampilan nilai temperature, berikut ini blok diagram sistem monitoring temperature



Gamabar 3.4 Diagram Blok Sistem Pengukuran

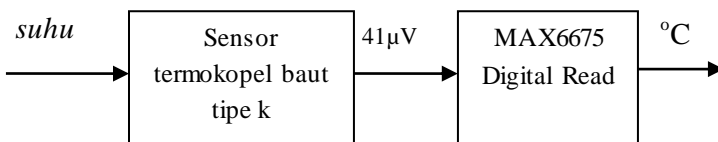
Dari diagram blok diatas, suhu pada *steam output* di deteksi oleh sensor termokopel K kemudian diolah oleh pengonndisian sinyal karena outputan dari sensor temperature masih berbentuk μV , untuk itu terdapat pengondisian sinyal agar outputan dapat dibaca oleh mikrokontroller, pengondisian sinyal tersebut menggunakan modul MAX6675, kemudian akan diproses oleh elemen pemrosesan sinyal menggunakan mikrokontroller Atmega32 hasil dari pemrosesan sinyal akan ditampilkan pada PC dalam bentuk data *real time* menggunakan HMI (*Human Machine Interface*).

3.4 Perancangan *Hardware*

Pembuatan *hardware* untuk sistem monitoring ini terdapat perancangan pada rangkaian *sensing element*, perancangan pada mikrokontroller Atmega32, dan display pada LCD berikut ini merupakan penjelasan setiap perancangan tersebut :

3.4.1 Perancangan rangkaian *sensing element*

Dalam perancangan tugas akhir ini, sensor yang digunakan adalah sensor suhu termokopel baut type k. Sensor ini diletakkan di *outlet* boiler yang tentunya uap kering yang dihasilkan memiliki temperatur dan tekanan yang tinggi. Untuk itu digunakan sensor tersebut dikarenakan memiliki range suhu yang cukup tinggi. Sensor termokopel baut tipe K merupakan tipe sensor analog. Sensor tersebut terlebih dahulu dikonversi dengan ADC agar dapat terbaca pada *display*. Output sensor termokopel masih sangat kecil yaitu dalam μV . Agar dapat terbaca maka perlu dikuatkan menggunakan rangkaian MAX6675. MAX6675 merupakan rangkaian yang berfungsi sebagai penguat sekaligus rangkaian ADC karena output yang dikeluarkan langsung berupa data temperatur ($^{\circ}\text{C}$) / *DigitalRead*. Spesifikasi dari sensor termokopel baut tipe K yaitu $0-400^{\circ}\text{C}$.



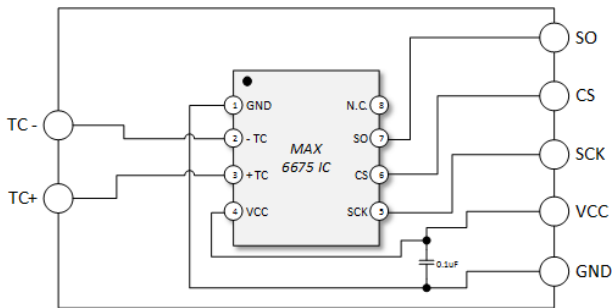
Gambar 3.5 Diagram blok sensor dengan modul max6675

Sumber tegangan yang digunakan pada pengujian sensor ialah dari Atmega32 sebesar 5V dan ADC 10 bit dari MAX6675. Output sensor berupa tegangan μV yaitu sebesar $41 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.

Kemudian dikuatkan dengan MAX6675 agar menjadi volt (V) dengan rumus pendekatan karakteristik

$$V_{out} = (41 \mu V/^{\circ}C) 5 (T_r - T_{AMB}) \quad (4.1)$$

Berikut ini merupakan rangkaian *skematik* dari modul MAX6675 yang terdiri dari rangkaian *input* dan *output*



Gambar 3.6 Skematik Modul Max6675

Gambar diatas merupakan skematik modul Max6675 , modul ini nantinya akan mengirimkan data kepada mikrokontroller. Pada modul Max6675 terdiri dari 7 kaki, dimana 2 kaki *input* dan 5 kaki untuk *output*, pada *input* mendapat probe dari sensor termokopel sedangkan pada kaki *output* disambungkan pada mikrokontroller Atmega32, Konfigurasi dari sensor termokopel, MAX6675, dengan Atmega32 dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Konfigurasi MAX6675 dengan Atmega32

Konfigurasi MAX6675 dengan Atmega32	
Sensor Pin	Pin Atmega32
GND	Ground
VCC	Vcc

Tabel 3.1 Lanjutan Konfigurasi MAX6675 dengan Atmega32

SO	Portd 5
Cs	Portd 4
Sck	Portd 3

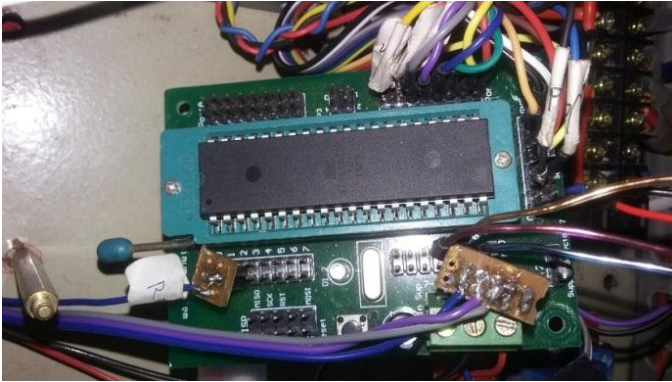
3.4.2 Perancangan Rangkaian Atmega32

Pada perancangan sistem monitoring ini menggunakan Atmega32. Hal ini digunakan karena sesuai dengan kebutuhan pengguna dalam menggunakan fungsi-fungsi mikrokontroler tersebut yang berfungsi sebagai tempat pengidentifikasi *input* dan *output* data. Pada mikrokontroler Atmega ini diaktifkan tiap port pada *power*, ADC, dan digital. Masing-masing port tersebut digunakan untuk tampilan LCD, modul max6675, dan kabel RS323. berikut merupakan konfigurasi port yang digunakan untuk sistem ini :

Tabel 3.2 Konfigurasi Mikrokontroler Atmega32

Port	Fungsi
VCC 5 volt	Sebagai <i>power</i> untuk tampilan LCD 16x4
<i>Ground</i>	Sebagai <i>power</i> untuk tampilan LCD 16x4
ADC (Port D5,D4,D3)	Sebagai <i>input</i> dari modul MAX6675
Digital (port 0,C1,C2,C3,C4,C5)	Sebagai tampilan LCD
Digital (Port D0,D1)	Sebagai standar komunikasi serial

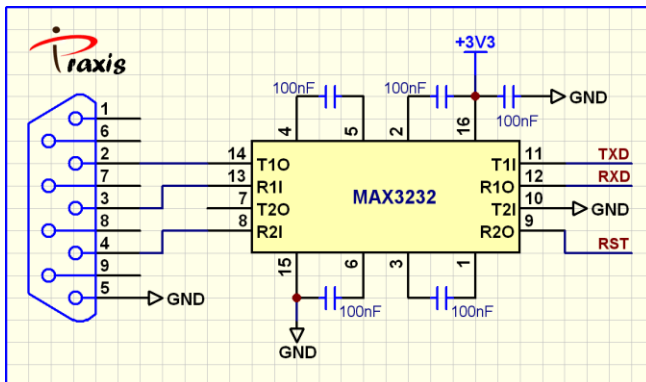
Sebagai aktivasi mikrokontroler Atmega32 ini mendapatkan sumber tegangan 5 volt. Untuk koneksi dari tiap pin terhadap instrumen digunakan kabel *jumper*, Dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 3.7 Konfigurasi Pin Atmega32

3.4.3 Rangkaian Antarmuka RS232

RS232 adalah *standard* komunikasi serial yang digunakan untuk koneksi periperal ke periperal. Biasa juga disebut dengan jalur I/O (*input/output*). Fungsi dari serial port RS232 adalah untuk menghubungkan/koneksi dari perangkat yang satu dengan perangkat yang lain, atau peralatan standart yang menyangkut komunikasi data antara komputer dengan alat-alat pelengkap computer.

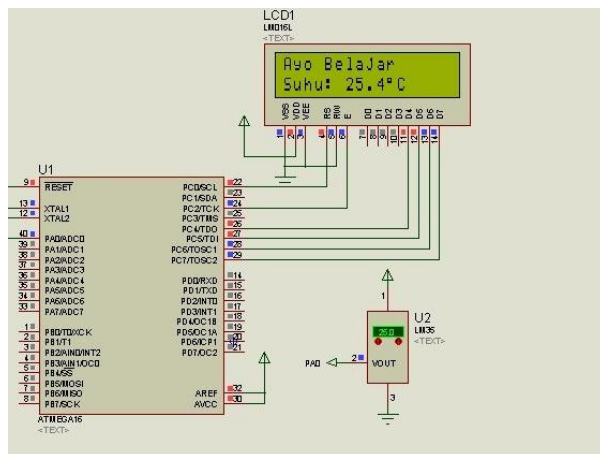


Gambar 3.8 Rangkaian Antarmuka RS232

RS 232 digunakan untuk menghubungkan koneksi dari mikrokontroller atmega32 ke PC/laptop untuk tampilan HMI (*Human Machine Interface*) sebagai visualisasi dari grafik *real time* temperatur.

3.4.4 Display

Display merupakan suatu modul penampil. Untuk hal ini digunakan untuk menampilkan data yang terdeteksi oleh sensor sehingga dapat ditampilkan data berupa *digital* yang menunjukkan nilai suhu pada *steam output* boiler. Berikut ini merupakan rangkaian *skematik* LCD (*Liquid Crystal Display*) ke mikroontroller Atmega32 dapat dilihat pada gambar berikut ini



Gambar 3.9 Rangkaian Skematik LCD dengan Atmega32

Dalam pembuatan tugas akhir ini maka menggunakan lcd 16x4 sebagai tampilan nilai yang dikeluarkan oleh sensor termokopel K yang terpasang pada panel. Untuk itu diperlukan rangkaian LCD 16x4 yang tersambung dengan mikrokontroller Atmega melalui kabel *jumper*.

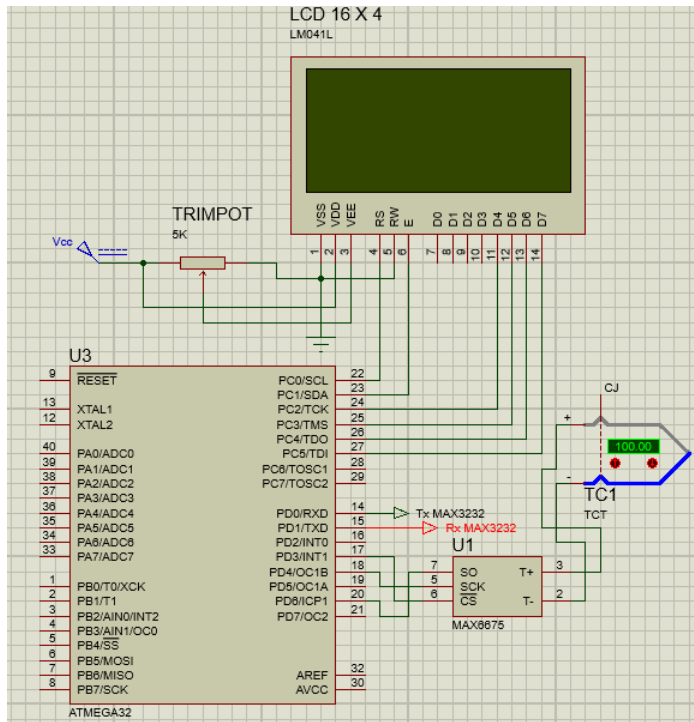


Gambar 3.10 Tampilan LCD pada Panel

Gambar 3.10 merupakan tampilan LCD 16x4 yang telah terpasang pada panel, sehingga nilai suhu yang berada pada *steam output* dapat dilihat melalui LCD tersebut.

3.5 Perancangan *Software*

Pada pembuatan tugas akhir ini dibuat *software* penunjang untuk sistem monitoring, *software* yang digunakan merupakan BascomAVR sebagai *interface* dari Atmega32. Pada *software* pemrograman BascomAVR dilakukan pemrograman LCD, ADC dan RS232 (komunikasi serial), kemudian rangkaian *sensing element* dalam pemrograman BascomAVR diintegrasikan dengan men-*download* program BascomAVR ke mikroontroller32, kemudian akan diproses pada rangkaian pemrosesan sinyal dan akan ditampilkan ke LCD pada panel dan PC dalam bentuk grafik *real time* temperatur dengan menggunakan komunikasi serial RS232 sebagai koneksi antarmuka antara pemrosesan sinyal mikrokontroller Atmega32 dengan PC, Berikut *skematik* konfigurasi Atmega32 dengan LCD, ADC dan komunikasi serial RS232. Berikut ini *skematik* dari rangkaian mikrokontroller Atmega32 dengan rangkaian LCD 16x2 dengan modul max6675 serta sensor termokopel baut tipe K

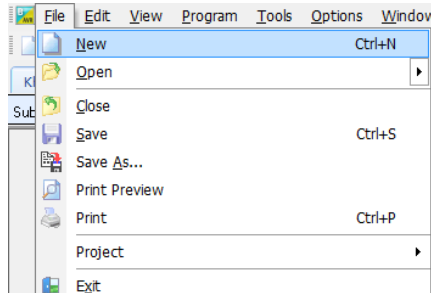


Gambar 3.11 Skematik Rangkaian Atmega32 dengan LCD dan modul Max6675

Pada *skematik* rangkaian Atmega32 dengan LCD serta modul Max6675 yang merupakan pengondisian sinyal dari *sensing element* sensor termokopel K. Pada tahap ini merupakan gabungan dari siklus pemrosesan sinyal dimana pada program BascomAVR diberikan *listing program* untuk mengelolah sinyal masukan dari kedua *sensing element*. Sinyal masukan dari *sensing element* berupa sinyal *analog* yang kemudian dikonversikan menjadi sinyal digital (*Analog to Digital Inverter*), pada proses ini menggunakan modul MAX6675 sebagai rangkaian pengondisian

sinyal. Kemudian untuk pemrograman menggunakan *software* BascomAVR dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

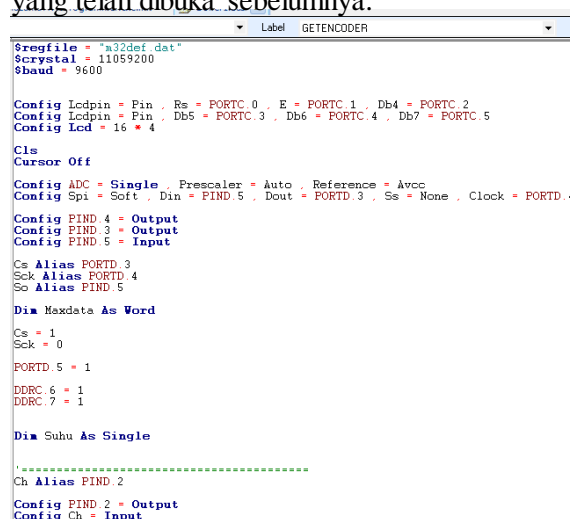
- a. *Software* BascomAVR dibuka.
- b. Jendela text-editor baru dibuka, opsi toolbar file<new dipilih



Gambar 3.12 Membuka Halaman Text Editor Baru

Setelah itu maka akan terbuka sebuah halaman baru yang dapat digunakan untuk membuat mengetik program.

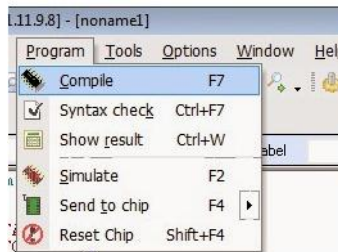
- c. Membuat program basic
Program dibuat dalam bahasa basic pada jendela text editor yang telah dibuka sebelumnya.



Gambar 3.13 Tampilan pada BascomAVR

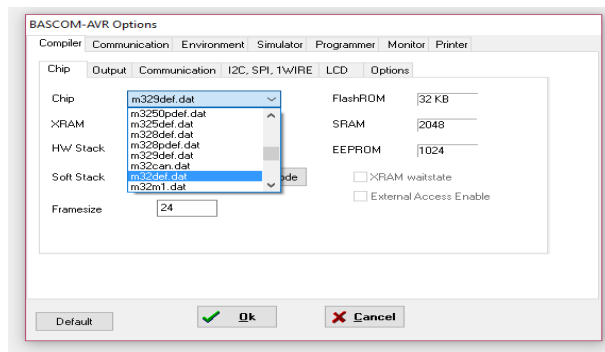
Gambar 3.13 Merupakan tampilan pemrograman BascomAVR pada mikrokontroller Atmega32

- d. Program yang dibuat disimpan dan nama file program ditentukan dengan diberi ekstensi *.bas. kemudian ditentukan direktori atau folder tempat untuk menyimpan program,
- e. Proses komplikasi dilakukan.



Gambar 3.14 Jendela cara melakukan kompilasi program

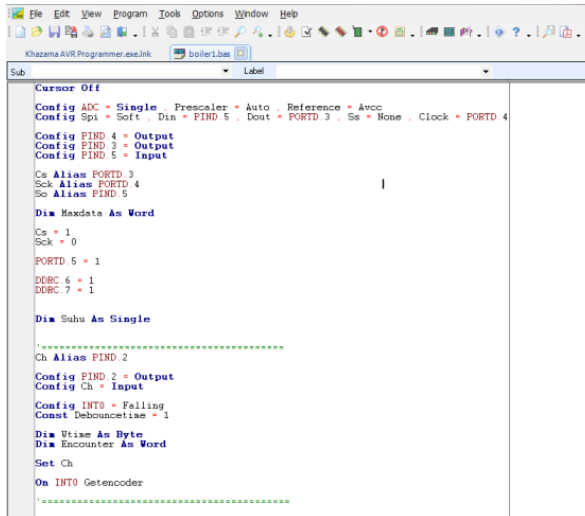
- f. Pada dialog box *Option*, pada menu bar *click Chip >> Chip*: sesuai dengan mikrokontroler yang sedang dikerjakan, contoh disini adalah ATMEGA-32, maka pilih m832ef.dat



Gambar 3.15 Memilih Atmega32

Jika program sudah selesai dibuat maka kompilasi dilakukan. Pembacaan nilai suhu akan ditampilkan pada

PC dan LCD pada panel sebagai *display*. Data suhu akan ditampilkan dalam bentuk data *realtime* pada *software* delphi7 dan pada LCD berikut kutipan *listing* program yang digunakan dalam BascomAVR



```

Cursor Off
Config ADC = Single, Prescaler = Auto, Reference = Avcc
Config Spi = Soft, Din = PIND 5, Dout = PORTD 3, Ss = None, Clock = PORTD 4

Config PIND 4 = Output
Config PIND 3 = Output
Config PIND 5 = Input

Cs Alias PORTD 3
Sck Alias PORTD 4
So Alias PIND 5

Dim Maxdata As Word

Cs = 1
Sck = 0

PORTD 5 = 1

DDRC 6 = 1
DDRC 7 = 1

Dim Suhu As Single

'-----
Ch Alias PIND 2

Config PIND 2 = Output
Config Ch = Input

Config INT0 = Falling
Const Debouncetime = 1

Dim Utime As Byte
Dim Encounter As Word

Set Ch

On INT0 Getencoder
'-----
  
```

Gambar 3.16 Pemrograman BascomAVR untuk tampilan LCD

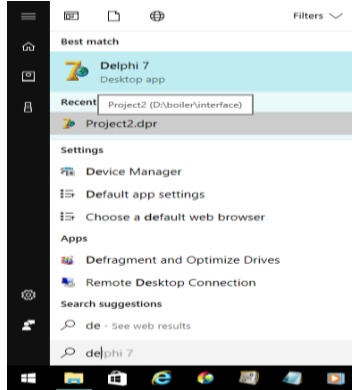
3.6 Pembuatan Pemrograman HMI (*Human Machine Interface*)

Setelah dilakukan *integrasi* antara *software* dan *hardware*, selanjutnya dilakukan pembuatan tampilan data monitoring pada PC dan penyimpanan data *real time*. *Software* yang dipakai untuk membuat sistem HMI pada sistem monitoring temperature ini adalah *software* Delphi7. *software* ini juga berfungsi untuk melakukan penyimpanan data *logger* pada sistem monitoring.

Pada dasarnya *software* Delphi7 digunakan untuk membuat *software* akuisisi data untuk sistem monitoring temperature. Program yang dibuat pada *software* Delphi7 ini menggunakan bahasa Pascal, *Interface* yang dibuat dilengkapi dengan *record* proses monitoring dan hasil *record* data, dimana data monitoring

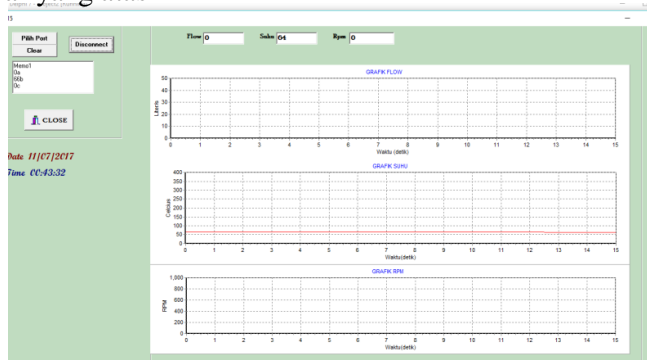
nantinya dapat ditampilkan dan dilaporkan. Berikut ini langkah-langkah untuk menjalankan visualisasi HMI pada *software* Delphi7

- a. Buka *Project* yang telah dibuat dengan cara *click start>>project2*



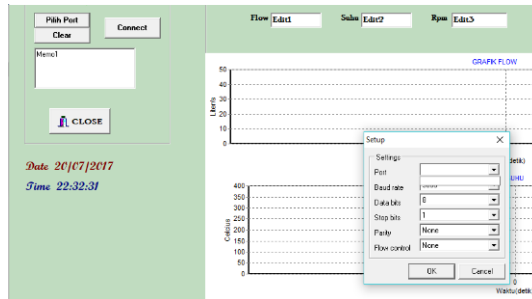
Gambar 3.17 Tampilan untuk membuka Delphi7

- b. Akan muncul tampilan grafik real time flow namun belum terkoneksi . Untuk mengkoneksikan dengan mikrokontroller atmega 32 , click run pada jendela bar yang atas



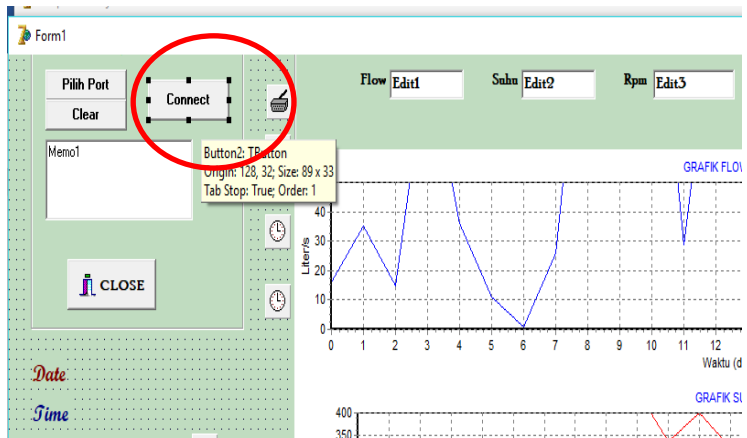
Gambar 3.18 Tampilan grafik real time Suhu

c. Click pilih port>>OK.



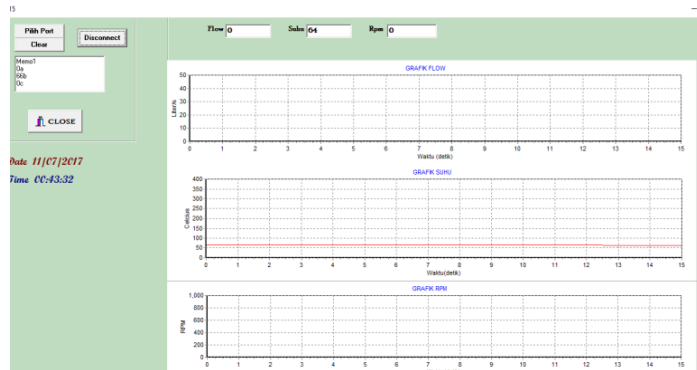
Gambar 3.19 Tampilan untuk Pilih Port

d. Click connect



Gambar 3.20 Tampilan untuk Koneksi pada Interface

e. Tampilan grafik *real time* Suhu



Gambar 3.21 Tampilan *monitoring* suhu pada *software* Delphi

Data yang ditampilkan pada visualisasi *software* Delphi akan ditampilkan dalam bentuk grafik *real time* kemudian suhu yang diukur akan *ter-record* secara otomatis dan tersimpan pada PC, untuk penyimpanannya dapat dipilih ke lokasi penyimpanan pada PC.

Pada proses penyimpanan data *logger* maka dibuat pemrograman pada *software* delphi7 dimana data yang *ter-record* dapat langsung tersimpan pada *library* yang ada dilaptop/PC dengan memberikan tempat lokasi dimana data *record* dapat tersimpan

```
procedure TForm1.Timer4Timer(Sender: TObject);
```

```
var
```

```
  G: TextFile;
```

```
begin
```

```
  AssignFile(G, 'D:\recordsuhu.txt');
```

```
  Append(G);
```

```
  WriteLn(G,
```

```
  '=====');
```

```
  WriteLn(G, 'Tanggal = ',label7.Caption);
```

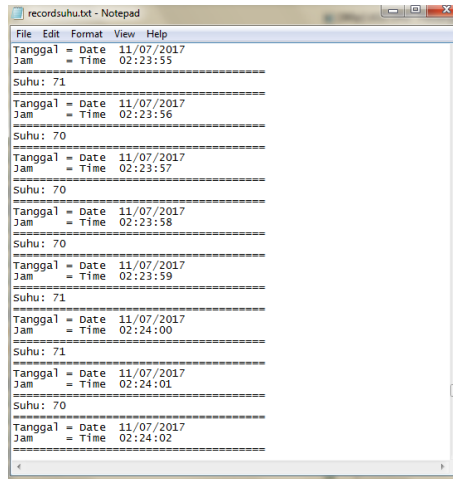
```

WriteLn(G, 'Jam    = ',label8.Caption);
WriteLn(G,
'=====');

// WriteLn(G, 'Flow: ',Edit1.Text);
WriteLn(G, 'Suhu: ',Edit2.Text);
// WriteLn(G, 'Rpm : ',Edit3.Text);
CloseFile(G);
end;

```

Dari pemrograman tersebut data disimpan dalam bentuk *notepad* yang berlokasi pada local disk D pada laptop, dengan terdapat tanggal dan waktu pada saat sistem monitoring dijalankan, berikut merupakan tampilan dari data *logger* pada *software delphi7*



Gambar 3.22 Data *Logger*

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Sensor Termokopel Tipe K

Berikut ini merupakan hasil perancangan sistem monitoring temperatur pada *steam output* boiler terintegrasi HMI (*Human Machine Interface*) di workshop Instrumentasi.



Gambar 4.1 Boiler Plant

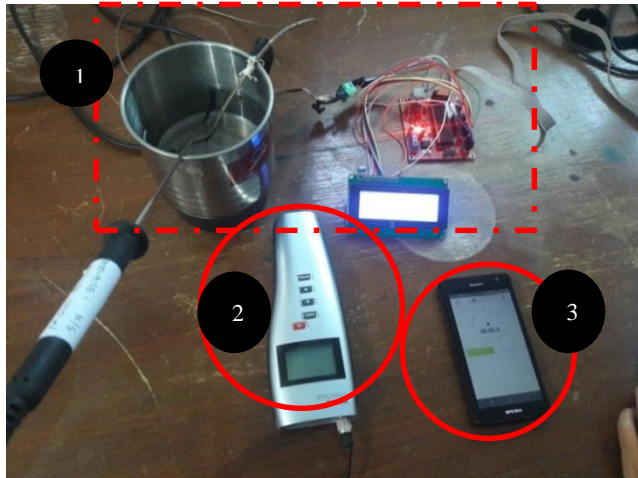
Pada sistem monitoring ini menggunakan sensor termokopel baut tipe K dimana mempunyai range pengukuran sebesar 0-400 °C. Sensor termokopel dipasang pada pipa *outlet* boiler, pada pipa *outlet* boiler juga terpasang kalibrator bimetal analog yang akan mengukur suhu yang keluar dari *outlet* boiler. Sensor termokopel k dipasang pada lingkaran merah pada gambar 4.1, yang kemudian ditarik kabel yang disambungkan ke mikrokontroller Atmega32 pada panel. Berikut ini merupakan peletakan sensor termokopel baut tipe K pada *outlet* boiler



Gambar 4.2 Peletakan Sensor Termokopel K

Agar dapat mengetahui dan menganalisa sensor yang digunakan dan rangkaian yang telah dibuat agar dapat berfungsi dengan baik diperlukan adanya pengujian terhadap rangkaian yang telah dibuat. Pengujian sensor dilakukan untuk mengetahui karakteristik statik maupun karakteristik dinamik daripada sensor termokopel bauk tipe K.

Pengujian alat ukur ini dilakukan dengan membandingkan alat ukur standar dengan alat ukur suhu yang digunakan. Pengujian sensor ini dilakukan di laboratorium mikrokonkroller, ITS. Alat ukur standar yang digunakan adalah TP22 ThermoPalm yang telah standard dan terkalibrasi langsung dibandingkan dengan sensor termokopel K , Dalam hal ini kedua alat ukur tersebut mempunyai fungsi yang sama yaitu untuk mengukur suhu. Sensor TP22 ThermoPalm ini merupakan sensor suhu yang keluarannya berbentuk data digital yang ditampilkan pada Display. Berikut ini merupakan rangkaian kalibrasi pada sensor termokopel dengan kalibrator TP22 ThermoPalm.



Gambar 4.3 Kalibrasi Sensor Termokopel dengan TP22 ThermoPalm

Keterangan :

1. Rangkain sensor termokopel baut tipe K
2. Sensor TP22 ThermoPalm
3. *Stopwatch*

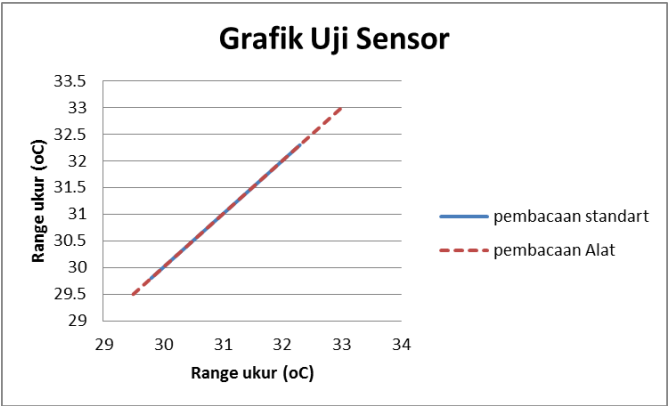
Uji sensor termokopel dilakukan dengan membandingkan nilai hasil pengukuran alat standar TP22 ThermoPalm dengan nilai pembacaan dari sensor termokopel yang hasil pengukurannya dalam bentuk bilangan digital yang ditampilkan pada *display* (LCD), kedua sensor tersebut direndam pada *heater* yang berisi air dan diletakkan pada titik pengukuran yang berbeda, kemudian *heater* dipanaskan, dan *stopwatch* diaktifkan, untuk pengambilan data/ nilai hasil pengukuran dilakukan setiap kenaikan 10 detik dengan range pengukuran 29-33 °C, pada pengambilan data dilakukan 5 kali pengukuran dengan titik yang sama. kegiatan ini dilakukan sebanyak dua kali pengambilan data dengan *procedure* yang

sama, Berikut ini merupakan data hasil kalibrasi sensor termokopel baut K dengan sensor TP22 ThermoPalm

Tabel 4.1 Tabel Uji Sensor

No	Pencacaan Standar		Pembacaan Alat		Rata-rata Pembacaan Standar	Rata-rata Pembacaan Alat
	I	II	I	II		
1	29.7	29.9	29	30	29.8	29.5
2	30	29.9	30	29	29.95	29.5
3	30.5	30	31	29	30	30
4	31.2	30.3	31	32	30.75	31.5
5	32.5	32.1	33	33	32.3	33

Tabel diatas merupakan pengujian sensor termokopel baut tipe K dibandingkan dengan kalibrator. Pengujian dilakukan dengan membandingkan alat ukur standar dengan alat uji, dengan rentang ukur 29-33 °C. Dari table diatas diperoleh grafik perbandingan pembacaan standar dengan pembacaan alat.



Gambar 4.4 Grafik Uji Sensor

Pada grafik Uji sensor dapat dilihat perbandingan antara sensor termokopel baut tipe k dengan sensor TP22 ThermoPalm, dari grafik tersebut pembacaan alat ukur

mendekati nilai standar yang ditunjukkan pada sensor TP22 ThermoPalm. Kemudian data yang diperoleh dihitung sesuai dengan tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Perhitungan Uji Sensor

No	ti.yi	ti ²	(yi-y') ²	Y reg	Residu	SR
1	8.94	888.04	0.19	0.18	0.11	0.01
2	13.47	897.00	0.34	0.12	0.32	0.10
3	0	900	0.01	0.10	-0.10	0.01
4	-23.06	945.56	0.37	-0.22	-0.52	0.27
5	-22.61	1043.29	0.31	-0.88	0.18	0.03
Jumlah	-23.25	4673.8	1.24	SSR		0.44
Rata2	-4.65	934.779				

Keterangan :

Yi = koreksi

Yi' = rata-rata

Ti = pembacaan standart ke-i

Pengujian alat ukur ini bertujuan untuk mengetahui besar ketidakpastian alat ukur yang dibuat, sehingga dengan mengetahui hal tersebut bisa pula diketahui nilai ketidakpastian pengukuran (UA_1). Akan tetapi, sebelum menghitung nilai ketidakpastian dari alat ukur tersebut, maka perlu diketahui terlebih dahulu standard deviasi (δ) dari pengukuran tersebut. Adapun untuk menghitung standard deviasi (δ) sebagai berikut :

a. Ketidakpasitian Tipe A (U_{a1})

$$U_{a1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (4.5)$$

Untuk mencari nilai ketidakpastian tipe A (U_{a1}) pertama mencari standar deviasi (σ) dari pembacaan alat ukur yakni jumlah dari nilai koreksi dibagi dengan ($n-1$), dimana n adalah jumlah data atau titik pengujian (dapat dilihat pada persamaan 4.6)

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2}}{n-1} \quad (4.6)$$

$$= 0.139586$$

Sehingga dari persamaan 4.6 dapat dicari nilai ketidakpastian tipe A (U_{a1}) sebagai berikut :

$$U_{a1} = \frac{0.139686}{\sqrt{4}} = 0.036041$$

Nilai Ketidakpastian Regresi (U_{a2})

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} \quad (4.7)$$

$$Y_{reg} = a + (b \times t_i) \quad (4.8)$$

$$a = \bar{y}_l - (b \times \bar{t}_l) \quad (4.9)$$

$$b = \frac{n \cdot \sum t_i y_i - \sum y \cdot \sum t_i}{n \cdot \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}$$

y_i = Nilai koreksi

$$b = \frac{(5x-23.26) - (-0.7 \times 152.8)}{(5 \times 4673.9) - (23347.84)^2}$$

$$b = -0.4305523$$

Sehingga nilai :

$$a = -0.14 - (-0.0430552369 \times 30.56)$$

$$a = 13.017676$$

Jadi, persamaan regresi menjadi

$$Y_{reg} = (13.01767) + (-0.43055 \times 29.0)$$

Yang menghasilkan nilai SSR = 0.44488098

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{0.44488098}{5-2}} \quad (4.10)$$

$$U_{a2} = 0.385089$$

b. Nilai ketidakpastian tipe B

Pada ketidakpastian tipe B ini terdapat 2 parameter ketidakpastian, yaitu ketidakpastian Resolusi (U_{B1}) dan ketidakpastian alat standar termometer (U_{B2}). Berikut ini adalah perhitungan ketidakpastian tipe B :

$$U_{B1} = \frac{\frac{1}{2} \times \text{Resolusi}}{\sqrt{3}} = \frac{\frac{1}{2} \times 0,01}{\sqrt{3}} = 0,003 \quad (4.11)$$

$$U_{B2} = \frac{a}{k},$$

dikarenakan pada alat standar terdapat sertifikat kalibrasinya maka nilai a (ketidakpastian sertifikat kalibrasi) dianggap mendekati 0, dan nilai faktor cakupan dianggap 2,0. Sehingga hasil : $U_{B2} = 0$

c. Nilai ketidakpastian kombinasi U_c :

$$U_c = \sqrt{U_{A1}^2 + U_{A2}^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2} \quad (4.12)$$

$$= \sqrt{0.036^2 + 0.385^2 + 0.00288 + 0^2}$$

$$= 0.386782822$$

Dengan kondisi V atau derajat kebebasan dari kedua tipe ketidakpastian, sebagai berikut :

$V = n-1$, sehingga :

$V_1 = 4$; $V_2 = 4$; $V_3 = \infty$;

Dengan nilai V_{eff} (Nilai derajat kebebasan efektif) sebagai berikut :

$$V_{eff} = \frac{(U_c)^4}{\sum (U_i)^4 / V_i} \quad (4.13)$$

$$= \frac{(0.3867)^4}{(0.036)^4 / 4 + (0.038508)^4 / 4 + (0.00288)^4 / \infty}$$

$V_{eff} = 4.07052302$, sehingga jika dibulatkan menjadi 16, dimana pada table *T-student* menghasilkan nilai k (faktor koreksi) sebesar 2.77

Oleh karena itu, hasil nilai ketidakpastian berulang sebesar :

$$U_{exp} = k \times U_c \quad (4.14)$$

$$U_{exp} = 2.77 \times 0.386782822 = 0.20712443$$

$$\%U_{exp} = 20.71\%$$

Sehingga berdasarkan perhitungan ketidakpastian diperluas diatas, menghasilkan nilai ketidakpastian alat sebesar ± 0.207 dengan tingkat kepercayaan 95% dari tabel *T-Student*. Nilai ketidakpastian tersebut akan menjadi acuan untuk pembacaan alat ukur selama alat ukur tersebut digunakan

4.1.2 Karakteristik Statis Sensor Termokopel Tipe K

Karakteristik statik adalah karakteristik yang harus diperhatikan apabila alat tersebut digunakan untuk mengukur suatu kondisi yang tidak berubah karena waktu atau hanya berubah secara lambat laun. Untuk itu perlu dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai karakteristik dari sensor termokopel baut tipe K diantaranya sebagai berikut :

a. Sensitivitas (dari data pengujian alat) = $\frac{\Delta O}{\Delta I}$

$$= \frac{33 - 29.5}{32.3 - 29.8} = 1.4$$

b. Akurasi :

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\%, \text{ dengan } Y_n = \text{Pembacaan standar dan } X_n = \text{Pembacaan alat}$$

$$A = 1 - |0,0045| \times 100\% = 99.55\%$$

c. Error :

$$e = 1 - A$$

$$e = 1 - 0,9955$$

$$e = 0.0045$$

$$\text{Persen error} = 0.45\%$$

d. Histerisis

$$H(I) = O(I)_{I\downarrow} - O(I)_{I\uparrow}, \widehat{H} = H(I)_{max} \text{ sehingga :}$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = \frac{\widehat{H}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = \frac{0,01}{33 - 29.5} \times 100\%$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = \frac{0,01}{3.2} \times 100\%$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = 0.31\%$$

Sehingga diperoleh nilai karakteristik statik dari sensor termokopel baut tipe K diantaranya :

- a. Range : 29-33.0°C
- b. Span : 4°C
- c. Resolusi : 0,01
- d. Sensitivitas (K) : 1.005846°C

- e. % maksHisterisis : 0,31 %
- f. Akurasi : 99.55 %
- g. Kesalahan (*error*) : 0,45%

4.1.3 Karakteristik Dinamik Sensor Termokopel Baut Tipe K

Termokopel baut tipe K termasuk instrument orde satu karena pada saat dilakukan pengukuran, nilai output yang dihasilkan membutuhkan waktu untuk mencapai besaran yang diinginkan. Dan dipengaruhi oleh nilai karakteristik statik

Persamaan dalam instrument orde dua :

$$\frac{q_o}{q_i}(D) = \frac{K}{\lambda S + 1}$$

Dimana:

K = Sensitivitas statik elemen pengukuran

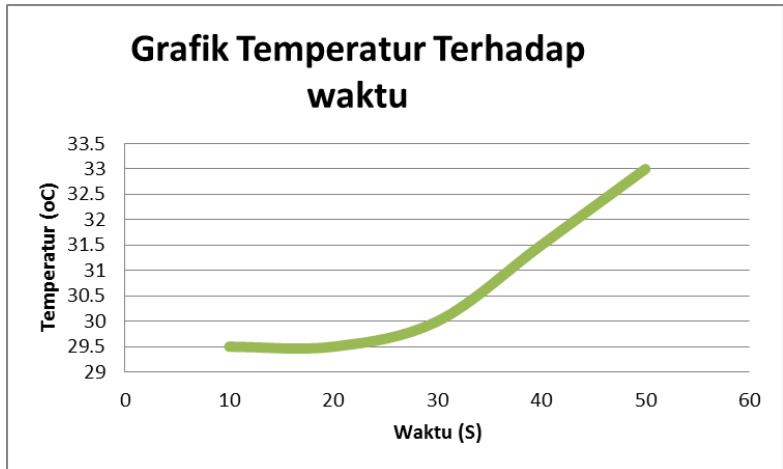
λ = konstanta waktu elemen pengukuran

Sehingga untuk mengetahui karakteristik sensor termokopel baut tipe K didapatkan data untuk mengetahui nilai output yang dihasilkan terhadap waktu untuk mencapai besaran yang diinginkan

Tabel 4.3 Tabel Perubahan Temperatur Terhadap Waktu

No	Waktu (s)	Termokopel (°C)
1	10 s	29.5 °C
2	20 s	29.5 °C
3	30 s	30 °C
4	40 s	31.5 °C
5	50 s	33 °C

Dari table 4.3 diperoleh grafik perubahan nilai output sensor termokopel baut tipe K terhadap perubahan waktu.



Gambar 4.5 Grafik perubahan temperatur terhadap waktu

Konstanta waktu pada gambar 4.5 merupakan waktu yang diperlukan oleh instrumen agar besaran output mencapai 63% dari perubahan nilai kondisi yang telah ditentukan. Pada gambar xx dapat diketahui jika 63% dari temperatur setpoint yaitu 63% dengan konstanta waktu 10s. Sehingga didapatkan

$$\frac{qo}{qi}(D) = \frac{K}{\lambda S + 1}$$

$$\frac{1.005846oC}{10 + 1} = 0.0914$$

4.2 Pengambilan Data Pada *Steam Output* di Miniplant Boiler

Pengambilan data pada *steam output* boiler bertujuan untuk mengetahui nilai efisiensi atau redamen dari boiler. Pengambilan data ini diambil data dari sensor termokopel yang berada di ruang bakar dengan sensor termokopel yang berapa di *steam output*, suhu pada *steam output* boiler di

rekam menggunakan *software* delphi7 dengan pemrosesan menggunakan Atmega32 sedangkan pada ruang bakar suhu langsung ditampilkan di LCD pada panel, kemudian d hitung efisiensinya dengan rumus

$$\eta = \frac{t_1 - t_2}{t_1} \times 100\% \quad (4.2)$$

dati perhitungan nilai redamen/*efisiensi* dari boiler didapatkan data pada table 4. , pada table 4. suhu yang dimonitoring pada ruang bakar dan *steam output* diambil pada kenaikan 20 detik kemudian dihitung menggunakan persamaan 4.2 berikut ini merupakan data nilai redamen daripada boiler

Tabel 4.4 Data nilai *efisiensi* Boiler

No	Waktu (s)	T Ruang Bakar (t ₁)	T <i>Steam</i> <i>Output</i> (t ₂)	<i>Efisiensi</i>
1.	20	74	27	65
2.	200	80	28	70.66
3.	560	90	30	80
4.	860	100	67	77.66
5.	2220	111	95	79.33

Data diatas merupakan cuplikan dari nilai redamen boiler setiap kenaikan 10 °C , hasil perhitungan nilai *efisiensi* lengkapnya dapat dilihat dengan lengkap pada lampiran A pada lampiran tugas akhir ini, dari data tersebut dapat dihitung nilai rendamen atau efisiensi boiler dengan membandingkan suhu pada ruang bakar dan *steam ouput* setiap kenaikan 20 detik kemudian dihitung dan dirata-ratakan, nilai efisiensi yang didapat dari hasil pengukuran pada *steam output* dan ruang bakar boiler adalah sebesar 75.949%

4.3 Pembahasan

Tugas akhir yang berjudul sistem monitoring temperatur *steam output* pada *mini plant* boiler ini bertujuan untuk mengetahui *efisiensi* dari bahan bakar dengan membandingkan data temperatur yang ada di ruang bakar dengan data temperature yang berada pada *steam output* setiap kenaikan 20 detik. Menggunakan sensor termokopel baut tipe K dan sebagai alat ukur temperatur dan MAX6675 sebagai rangkaian pengkondisian sinyal.

Sebelum sensor ini digunakan perlu dilakukan kalibrasi untuk mengetahui performansi dari sensor tersebut. Kalibrasi sensor termokopel ini menggunakan Alat ukur standard yakni TP22 ThermoPalm yang sudah terkalibrasi. Dilakukan pada *range* 29°C hingga 33°C. Kedua alat tersebut dipanaskan dengan pemanas (*Heater*) dengan titik pengukuran yang berbeda. Setelah dilakukan pengujian sensor yaitu dilakukan perhitungan kalibrasi. Dari perhitungan kalibrasi didapatkan nilai karakteristik statis dan karakteristik dinamis alat dari karakteristik statis dengan range pengukuran 29°C hingga 33°C didapatkan nilai Span 4°C, Resolusi 0,01, Sensitivitas 1.005846oC Histerisis 0.31 %, Akurasi 99,58%, Kesalahan (*error*) 0,45%, sedangkan dari karakteristik dinamik pengukuran didapatkan bahwa temperature merupakan instrumen orde satu karena saat ada perubahan step input pengukuran, output instrumen berubah secara gradual.

Monitoring temperatur menggunakan PC sebagai visualisasi data. Diantaranya menggunakan Delphi 7 sebagai display data dan sebagai penyimpanan database monitoring. Pengambilan data sistem monitoring pada *steam output* dibandingkan dengan data setiap kenaikan temperatur pada ruang bakar sehingga dapat diberikan nilai *efisiensi* dari data yang dihasilkan nilai *efisiensi* sebesar 75.949%. hal ini dikarenakan peletakan sensor yang berada diruang bakar terlalu dekat dengan FD fan sehingga pada saat pipa panas tetapi sensor yang terbaca masih belum mencapainya, dan

ketika suhu pada ruang bakar mencapai 90°C temperature pada *steam output* mengalami kenaikan.

Dan dari perancangan sistem monitoring temperatur pada *steam output* ini data hasil pengukuran dapat ditampilkan pada PC dengan HMI (*Human Machine Interface*) sebagai *interfacenya*, tampilan data temperatur dapat ditampilkan dalam bentuk grafik *real time* tampilan ini menggunakan komunikasi serial rangkaian RS232 sebagai koneksi antarmuka antara mikrokontroller dengan PC, dari data grafik *real time*, suhu yang diukur dan ditampilakan pada PC akan disimpan secara otomatis pada laptop dengan menggunakan pemrograman pada *software* delphi7 hasil *record* akan tersimpan pada local disk D pada *notepad* , data *logger* ini dapat menyimpan file dengan merory tergantung pada kapasitas memory dalam *harddisk* laptop, sehingga apabila sistem monitoring dijalankan kemudian dimatikan maka hasil *record* dari data yang sebelumnya akan tersimpan pada file *record* suhu pada *notepad* di local disk D.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan perancangan sistem monitoring temperatur *steam output* pada *mini plant* boiler maka dapat didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah berhasil dirancang sistem monitoring temperatur *steam output* pada boiler berbahan bakar LPG pada *mini plant*. Pada sistem monitoring temperatur menggunakan alat ukur sensor termokopel baut tipe K dengan pengkondisian sinyal MAX6675. Termokopel baut tipe K dengan range pengukuran 0-400°C dengan panjang kabel 1 m, lebar 6,35 m dan berat 20g. Berdasarkan pengujian alat ukur didapatkan nilai *efisiensi* boiler sebesar 75.959%.
2. Telah berhasil dirancang sistem monitoring temperatur terintegrasi HMI menggunakan *software* delphi7 sebagai *interface* dan tampilan grafik *real time* sistem monitoring temperatur dengan hasil yang dapat di-*record* dan disimpan langsung pada laptop dengan *memory* penyimpanan sesuai dengan kapasitas *memory hardisk* pada laptop.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa saran diantaranya sebagai berikut :

1. Perlu dilakukannya kalibrasi terhadap termokopel baut tipe K dengan minimal 7 kali pengambilan data guna menguji kepekaan sensor terhadap hasil pengukuran.
2. Penggunaan sensor jarak jauh yang membutuhkan kabel yang panjang tentunya akan mengakibatkan *loss* sehingga perlu diberi kapasitor
3. Peletakan/ *tapping point* pada instrument alat ukur perlu diperhatikan karena nilai rambat suatu element

berbeda sehingga tidak memberikan nilai yang seharusnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kurniawan, Hanzen. 2009. *Kajian Efisiensi Termal dari Boiler di Pembangkit Listrik Tenaga Uap Amurang Unit 1*. Manado : Universitas Sam Ratulangi
2. Asmudi. 2010. *Analisa Unjuk kerja boiler terhadap penurunan daya pada PLTU PT. Indonesia Power UBP Perak*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
3. UNEP. 2008. *Boiler dan pemanas Fluida Thermis*. United National Environment Program
4. Setyawan, Angga. Tanpa tahun. *Perancangan Sitem Pengendalian Temperatur pada Superheater Steam dengan metode Fuzzy Logic Control di PLTU Unit Pembangkit Gresik*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
5. PT.PJB UP Gresik. *Boiler Operation & Engineering*.
6. Karjono SA,MT, Ir. 2002. *Boiler Uap dan Sistem Tenaga Uap*. Pusdiklat Migas
7. Share ITS. 2013. *Teknik Pengukuran dan Kalibrasi*. ITS. Surabaya
8. Prasetyo, Yudhian. Tanpa Tahun. *Boiler Training*.
9. Setiawan, Yudi dkk. 2011. *“Thermocouple Type K”*. Bandung: Universitas Kristen Maranatha Bandung
10. DCC, Deka. 2016. *Membangun Sistem Akuisisi Data Berbasis Database dengan Delphi*. Jakarta

11. Supriyadi, Mukh Yasir Nur. 2012. *Pengenalan Mikrokontroller AVR Atmega32* . Bandung : Laboratorium *Hardware* Program Study Teknik Komputer FMIPA UNPAD.
12. Yulistianto, Deni. 2013. *Pengertian Bascom AVR* . Bandung
13. Hidayat, Rohmat. 2013. *Perancangan HMI pada Hitcut Machine dengan PLC Omron Sysmac CPIL*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
14. Marcus Zakaria, Teddy. 2003. *Pemrograman Delphi untuk Pemula : IDE dan Struktur Pemrograman*. Bandung

LAMPIRAN A (DATA PENGUJIAN ALAT DAN KALIBRASI)

Tabel A.1. Data Pengujian Sensor Temperatur

No	Pembacaan Standart		Pembacaan Alat		Rata2 Standar	Rata2 Alat	Koreksi (yi)	Yi-y'	(yi-y') ²	ti.yi	ti ²	Y reg	Residu
	I	II	I	II									
1	29.7	29.9	29	30	30	30	0.3	0.44	0.19	0.19	888.04	888.04	0.11
2	30	29.9	30	29	29	29	0.45	0.59	0.34	0.34	897	897	0.32
3	30.5	30	31	29	29	29	0	0.14	0.01	0.01	900	900	-0.10
4	31.2	30.3	31	32	32	32	-0.75	-0.61	0.37	0.37	945.56	945.56	-0.52
5	32.5	32.1	33	33	33	33	-0.7	-0.56	0.31	0.31	1043.29	1043.29	0.18

Tabel A-2 Data hasil Monitoring *efisiensi*

No.	Waktu	T ruang bakar (ti)	T steam Output (t2)	<i>efisiensi</i>
1	21:44 40	74	27	65
2	21:45:00	75	27	66
3	21:45:20	77	28	67.667
4	21:45:40	75	28	65.667
5	21:46:00	75	27	66
6	21:46:20	77	28	67.667
7	21:46:40	77	27	68
8	21:47:00	78	28	68.667
9	21:47:20	79	27	70
10	21:47:40	80	28	70.667
11	21:48:00	80	27	71
12	21:48:20	81	28	71.667
13	21:48:40	81	27	72
14	21:49:00	81	28	71.667
15	21:49:20	81	28	71.667
16	21:49:40	82	27	73
17	21:50:00	82	27	73
18	21:50:20	84	28	74.667
19	21:50:40	84	27	75
20	21:51:00	84	27	75
21	21:51:20	85	28	75.667
22	21:51:40	85	28	75.667
23	21:52:00	86	28	76.667
24	21:52:20	87	27	78
25	21:52:40	87	27	78

Tabel A-2 Data hasil Monitoring *efisiensi*

No.	Waktu	T ruang bakar (t1)	T <i>steam</i> Output (t2)	<i>efisiensi</i>
26	21:53:00	87	28	77.667
27	21:53:20	88	28	78.667
28	21:53:40	90	30	80
29	21:54:00	89	28	79.667
30	21:54:20	90	30	80
31	21:54:40	90	30	80
32	21:55:00	91	27	82
33	21:55:20	93	30	83
34	21:55:40	93	30	83
35	21:56:00	92	33	81
36	21:56:20	95	37	82.667
37	21:56:40	95	40	81.667
38	21:57:00	95	45	80
39	21:58:20	96	47	80.333
40	21:58:40	96	50	79.333
41	21:59:00	97	51	80
42	21:59:20	99	63	78
43	21:59:40	100	67	77.667
44	22:00:00	101	71	77.333
45	22:00:20	100	71	76.333
46	22:00:40	101	72	77
47	22:01:00	100	72	76
48	22:01:20	101	74	76.333
49	22:01:40	101	74	76.333

Tabel A-2 Data hasil Monitoring *efisiensi*

No	Waktu	T Ruag bakar (t1)	T <i>steam</i> <i>Output</i> (t2)	<i>Efisiensi</i>
50	22:02:00	101	74	76.333
51	22:02:20	104	82	76.667
52	22:02:40	103	87	74
54	22:03:20	104	87	75
55	22:03:40	104	87	75
56	22:04:00	105	82	77.667
57	22:04:20	106	83	78.333
58	22:04:40	105	82	77.667
59	22:04:60	108	85	79.667
60	22:05:00	109	87	80
61	22:05:20	109	85	80.667
62	22:05:40	109	87	80
63	22:06:00	109	90	79
64	21:44 40	111	95	79.333
65	21:45:00	111	97	78.667
66	21:45:20	113	107	77.333
Rata-rata				75.949

LAMPIRAN B
(Listing Program BascomAVR dan Software Delphi7)

B.1. Listing Program BascomAVR

```
$regfile = "m32def.dat"
$crystal = 11059200
$baud = 9600
Config Lcdpin = Pin , Rs = Portc.0 , E = Portc.1 , Db4 =
Portc.2
Config Lcdpin = Pin , Db5 = Portc.3 , Db6 = Portc.4 , Db7 =
Portc.5
Config Lcd = 16 * 4
Cls
Cursor Off
Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc
Config Spi = Soft , Din = Pind.5 , Dout = Portd.3 , Ss = None
, Clock = Portd.4
Config Pind.4 = Output
Config Pind.3 = Output
Config Pind.5 = Input
Cs Alias Portd.3
Sck Alias Portd.4
So Alias Pind.5
Dim Maxdata As Word
Cs = 1
Sck = 0
Portd.5 = 1
Ddrc.6 = 1
Ddrc.7 = 1
Dim Suhu As Single
```

```
Cls
```

Wtime = 100
Encounter = 0

Wtime2 = 100
Encounter2 = 0
Enable Interrupts
Enable Int0
Enable Int2
Cls
Cursor Off
Start Adc

Portc.6 = 0
Portc.7 = 0
Do

Cs = 0
Shiftin So , Sck , Maxdata , 0 , 16
Cs = 1
Shift Maxdata , Right , 3
Maxdata = Maxdata / 4
Locate 1 , 1
Lcd "Zulfa Anis" ;
Locate 2 , 1

Cls

Dataadc = Getadc(0)
Suhu = Dataadc * 5
Suhu = Suhu / 1023

Suhu = Suhu / 0.0138
Suhunya = Suhu

Suhux = Fusing(suhu , "#.##")

Locate 2 , 1

Lcd "Suhu1=" ; Maxdata ; " " ; "oC"

Encounter2 = Encounter2 * 29

Print Maxdata ; "b"

Wait 1

Loop

Getencoder:

Waitms Debouncetime

If Ch = 0 Then

Incr Encounter

End If

Gifr = 64

Return

Getencoder2:

Waitms Debouncetime2

If Ch2 = 0 Then

Incr Encounter2

End If

Gifr = 64

Return

B.2. Listing Program Delphi7

```

unit TA;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics,
  Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls, StrUtils, TeeProcs, TeEngine, Chart,
  CPort, mmsystem,
  Series, Buttons;
type
  TForm1 = class(TForm)
    ComPort1: TComPort;
    GroupBox1: TGroupBox;
    Edit1: TEdit;
    Edit2: TEdit;
    Chart1: TChart;
    GroupBox2: TGroupBox;
    Button1: TButton;
    Button2: TButton;
    Button3: TButton;
    Memo1: TMemo;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Timer1: TTimer;
    Label7: TLabel;
    Label8: TLabel;
    BitBtn1: TBitBtn;
    Chart2: TChart;
    Chart3: TChart;
    Timer2: TTimer;
    Timer3: TTimer;
    Label3: TLabel;
    Edit3: TEdit;
    Series1: TFastLineSeries;
  end;

```



```

Series2: TFastLineSeries;
Series3: TFastLineSeries;
Timer4: TTimer;
Timer5: TTimer;
procedure ComPort1RxChar(Sender: TObject; Count:
Integer);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
    procedure Button3Click(Sender: TObject);
    procedure Button4Click(Sender: TObject);
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
    procedure Timer1Timer(Sender: TObject);
    procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);
    procedure Timer2Timer(Sender: TObject);
    procedure Timer3Timer(Sender: TObject);
    procedure Timer4Timer(Sender: TObject);
    procedure Timer5Timer(Sender: TObject);
    procedure GroupBox1Click(Sender: TObject);

private
    { Private declarations }
public
    { Public declarations }
end;

var
    Form1: TForm1;

implementation

{$R *.dfm}

procedure TForm1.ComPort1RxChar(Sender: TObject; Count:
Integer);
var buff:string;

```

```
begin
comport1.ReadStr(buff,count);
memo1.Text:=memo1.Text+buff;
end;
```

```
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
begin
comport1.ShowSetupDialog;
end;
```

```
procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
begin
Timer2.Enabled := True;
Timer3.Enabled := True;
Timer4.Enabled := True;
Timer5.Enabled := True;
```

```
if button2.Caption='Connect' then
begin
button2.Caption:='Disconnect';
comport1.Open;
end
else if button2.Caption='Disconnect' then
begin
button2.Caption:='Connect';
comport1.Close;
end;
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.Button3Click(Sender: TObject);
begin
edit1.Color:=clwhite;
edit2.Color:=clwhite;
edit3.Color:=clwhite;
```

```

edit1.text:="";
edit2.text:="";
edit3.text:="";
memo1.Text:="";
end;

```

```

procedure TForm1.Button4Click(Sender: TObject);
begin
close;
end;

```

```

procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
ThousandSeparator:='';
DecimalSeparator:='.';
end;

```

```

procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);
begin
label7.Caption:='Date  '+ FormatDateTime('d/mm/yyyy',Date);
label8.Caption:='Time  '+ FormatDateTime('hh:nn:ss',Time);
end;

```

```

procedure TForm1.BitBtn1Click(Sender: TObject);
begin
close;
end;

```

```

procedure TForm1.Timer2Timer(Sender: TObject);
var
F: TextFile;

```

```

begin
AssignFile(F, 'D:\recordflow.txt');
Append(F);

```

```

    WriteLn(F,
'=====');
    WriteLn(F, 'Tanggal = ',label7.Caption);
    WriteLn(F, 'Jam      = ',label8.Caption);
    WriteLn(F,
'=====');

    WriteLn(F, 'Flow: ',Edit1.Text);
    // WriteLn(F, 'Suhu: ',Edit2.Text);
    // WriteLn(F, 'Rpm : ',Edit3.Text);
    CloseFile(F);
end;

procedure TForm1.Timer3Timer(Sender: TObject);
var ruang,kulit,tulang:double;
    rin,kin,lin:string;
    jumlahdata:integer;

begin
    jumlahdata:=chart1.GetMaxValuesCount;
    form1.Caption:=inttostr(jumlahdata);
    // if jumlahdata > 60 then
    //     begin
    //         Series1.Clear;
    //         Series2.Clear;
    //         Series3.Clear;
    //     end;

    rin:=memo1.Lines[memo1.Lines.count-3];
    kin:=memo1.Lines[memo1.Lines.count-2];
    lin:=memo1.Lines[memo1.Lines.count-1];

    if rightstr(rin,1)= 'a' then
        begin

```

```

edit1.Text:=leftstr(rin,length(rin)-1);
ruang:=strtofloat(edit1.text);
Series1.Add(ruang,",clred) ;
end;
if rightstr(kin,1)='b' then
begin
edit2.Text:=leftstr(kin,length(kin)-1);
kudit:=strtofloat(edit2.text);
Series2.Add(kudit,",clgreen) ;
end;
if rightstr(lin,1)='c' then
begin
edit3.Text:=leftstr(lin,length(lin)-1);
tulang:=strtofloat(edit3.text);
Series3.Add(tulang,",clgreen) ;
end;

end;

procedure TForm1.Timer4Timer(Sender: TObject);
var
  G: TextFile;

begin
  AssignFile(G, 'D:\recordsuhu.txt');
  Append(G);
  WriteLn(G,
'=====');
  WriteLn(G, 'Tanggal = ',label7.Caption);
  WriteLn(G, 'Jam      = ',label8.Caption);
  WriteLn(G,
'=====');

//  WriteLn(G, 'Flow: ',Edit1.Text);

```

```

    WriteLn(G, 'Suhu: ',Edit2.Text);
//  WriteLn(G, 'Rpm : ',Edit3.Text);
    CloseFile(G);
end;
procedure TForm1.Timer5Timer(Sender: TObject);
var
    H: TextFile;
begin
    AssignFile(H, 'D:\recordrpm.txt');
    Append(H);
    WriteLn(H,
'=====');
    WriteLn(H, 'Tanggal = ',label7.Caption);
    WriteLn(H, 'Jam      = ',label8.Caption);
    WriteLn(H,
'=====');

//  WriteLn(H, 'Flow: ',Edit1.Text);
//  WriteLn(H, 'Suhu: ',Edit2.Text);
    WriteLn(H, 'Rpm : ',Edit3.Text);
    CloseFile(H);
end;

procedure TForm1.GroupBox1Click(Sender: TObject);
begin
end;

end.

```

- **Datasheet Sensor Termokopel K**

TEMPERATURE IN DEGREES °C
REFERENCE JUNCTION AT 0°C



Extension
Grade

TYPE
Reference
Tables
N.I.S.T.
Monograph 175
Revised to
ITS-90

Z

• Datasheet MAX6675

12-22-25 Rev. 1; 2002

MAXIM

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

General Description

The MAX6675 performs cold-junction compensation and digitizes the signal from a type-K thermocouple. The data is output in a 12-bit resolution, SPI™-compatible, read-only format.

This converter resolves temperatures to 0.25°C, allows readings as high as +1024°C, and exhibits thermocouple accuracy of 8LSBs for temperatures ranging from 0°C to +700°C.

The MAX6675 is available in a small, 8-pin SO package.

Features

- ◆ Direct Digital Conversion of Type-K Thermocouple Output
- ◆ Cold-Junction Compensation
- ◆ Simple SPI-Compatible Serial Interface
- ◆ 12-Bit, 0.25°C Resolution
- ◆ Open Thermocouple Detection

MAX6675

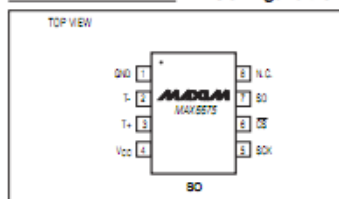
Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX6675-BA	-20°C to +85°C	8 SO

Applications

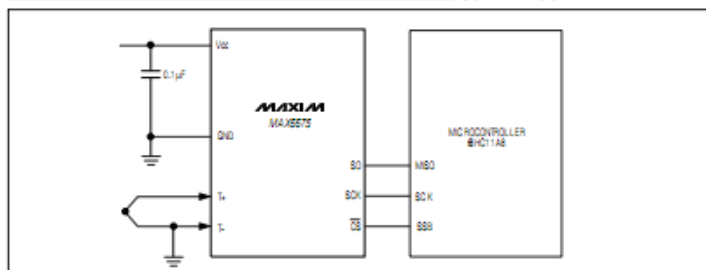
Industrial
Appliances
HVAC
Automotive

Pin Configuration



SPI is a trademark of Motorola, Inc.

Typical Application Circuit



MAXIM Maxim Integrated Products 1

For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maxim-ic.com.

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage (V_{CC} to GND)	-0.3V to +8V	Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
SD, SCK, CS, T+, T- to GND	-0.3V to V_{CC} + 0.3V	Junction Temperature	+150°C
SD Current	50mA	SD Package	
ESD Protection (Human Body Model)	±2000V	Vapor Phase (60s)	+215°C
Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)		Infrared (15s)	+220°C
8-Pin SO (derate 5.88mW/°C above +70°C)	471mW	Lead Temperature (soldering, 10s)	+300°C
Operating Temperature Range	-20°C to +85°C		

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Temperature Error		Thermocouple = +700°C, T_A = +25°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V	-5	+5	LSB
			V_{CC} = +5V	-6	+6	
		Thermocouple = 0°C to +700°C, T_A = +25°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V	-8	+8	
			V_{CC} = +5V	-9	+9	
		Thermocouple = +700°C to +1024°C, T_A = +25°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V	-17	+17	
			V_{CC} = +5V	-19	+19	
Thermocouple Conversion Constant				10.25		μV/LSB
Cold-Junction Compensation Error		T_A = -20°C to +85°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V	-3.0	+3.0	°C
			V_{CC} = +5V	-3.0	+3.0	
Resolution				0.25		°C
Thermocouple Input Impedance				60		kΩ
Supply Voltage	V_{CC}		3.0		5.5	V
Supply Current	I_{CC}			0.7	1.5	mA
Power-On Reset Threshold		V_{CC} rising	1	2	2.5	V
Power-On Reset Hysteresis				50		mV
Conversion Time		(Note 2)		0.17	0.22	s
SERIAL INTERFACE						
Input Low Voltage	V_L				0.3 x V_{CC}	V
Input High Voltage	V_H			0.7 x V_{CC}		V
Input Leakage Current	I_{LEAK}	V_{IN} = GND or V_{CC}			±5	μA
Input Capacitance	C_{IN}			5		pF

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

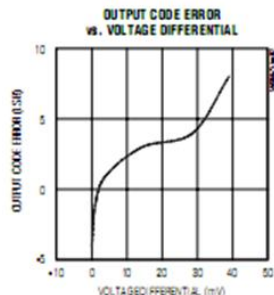
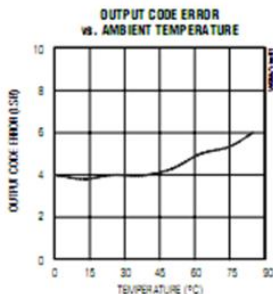
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output High Voltage	V _{OH}	I _{SOURCE} = 1.6mA	V _{CC} - 0.4			V
Output Low Voltage	V _{OL}	I _{SINK} = 1.6mA			0.4	V
TIMING						
Serial Clock Frequency	f _{SC}			4.3		MHz
SCK Pulse High Width	t _{OH}		100			ns
SCK Pulse Low Width	t _{OL}		100			ns
CSS Fall to SCK Rise	t _{CS}	C _L = 10pF	100			ns
CSS Fall to Output Enable	t _{OV}	C _L = 10pF			100	ns
CSS Rise to Output Disable	t _{IR}	C _L = 10pF			100	ns
SCK Fall to Output Data Valid	t _{OD}	C _L = 10pF			100	ns

Note 1: All specifications are 100% tested at T_A = +25°C. Specification limits over temperature (T_A = T_{MIN} to T_{MAX}) are guaranteed by design and characterization, not production tested.

Note 2: Guaranteed by design. Not production tested.

Typical Operating Characteristics

(V_{CC} = +3.3V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)



Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Pin Description

PIN	NAME	FUNCTION
1	GND	Ground
2	T-	Alumel Lead of Type-K Thermocouple. Should be connected to ground externally.
3	T+	Chromel Lead of Type-K Thermocouple
4	VCC	Positive Supply. Bypass with a 0.1µF capacitor to GND.
5	SCK	Serial Clock Input
6	\overline{CS}	Chip Select. Set \overline{CS} low to enable the serial interface.
7	SD	Serial Data Output
8	N.C.	No Connection

Detailed Description

The MAX6675 is a sophisticated thermocouple-to-digital converter with a built-in 12-bit analog-to-digital converter (ADC). The MAX6675 also contains cold-junction compensation sensing and correction, a digital controller, an SPI-compatible interface, and associated control logic.

The MAX6675 is designed to work in conjunction with an external microcontroller (µC) or other intelligence in thermostat, process-control, or monitoring applications.

Temperature Conversion

The MAX6675 includes signal-conditioning hardware to convert the thermocouple's signal into a voltage compatible with the input channels of the ADC. The T+ and T- inputs connect to internal circuitry that reduces the introduction of noise errors from the thermocouple wires.

Before converting the thermoelectric voltages into equivalent temperature values, it is necessary to compensate for the difference between the thermocouple cold-junction side (MAX6675 ambient temperature) and a 0°C virtual reference. For a type-K thermocouple, the voltage changes by 41µV/°C, which approximates the thermocouple characteristic with the following linear equation:

$$V_{OUT} = (41\mu V / ^\circ C) \times (T_{\pi} - T_{AMB})$$

Where:

V_{OUT} is the thermocouple output voltage (µV).

T_{π} is the temperature of the remote thermocouple junction (°C).

T_{AMB} is the ambient temperature (°C).

Cold-Junction Compensation

The function of the thermocouple is to sense a difference in temperature between two ends of the thermocouple wires. The thermocouple's hot junction can be read from 0°C to +1023.75°C. The cold end (ambient temperature of the board on which the MAX6675 is mounted) can only range from -20°C to +85°C. While the temperature at the cold end fluctuates, the MAX6675 continues to accurately sense the temperature difference at the opposite end.

The MAX6675 senses and corrects for the changes in the ambient temperature with cold-junction compensation. The device converts the ambient temperature reading into a voltage using a temperature-sensing diode. To make the actual thermocouple temperature measurement, the MAX6675 measures the voltage from the thermocouple's output and from the sensing diode. The device's internal circuitry passes the diode's voltage (sensing ambient temperature) and thermocouple voltage (sensing remote temperature minus ambient temperature) to the conversion function stored in the ADC to calculate the thermocouple's hot-junction temperature.

Optimal performance from the MAX6675 is achieved when the thermocouple cold junction and the MAX6675 are at the same temperature. Avoid placing heat-generating devices or components near the MAX6675 because this may produce cold-junction-related errors.

Digitization

The ADC adds the cold-junction diode measurement with the amplified thermocouple voltage and reads out the 12-bit result onto the SD pin. A sequence of all zeros means the thermocouple reading is 0°C. A sequence of all ones means the thermocouple reading is +1023.75°C.

• Datasheet Atmega32

Features

- High-performance, Low-power Atmel® AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
 - 32Kbytes of In-System Self-programmable Flash program memory
 - 1024 Bytes EEPROM
 - 2Kbytes Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
 - 2.7V - 5.5V for ATmega32L
 - 4.5V - 5.5V for ATmega32
- Speed Grades
 - 0 - 8MHz for ATmega32L
 - 0 - 16MHz for ATmega32

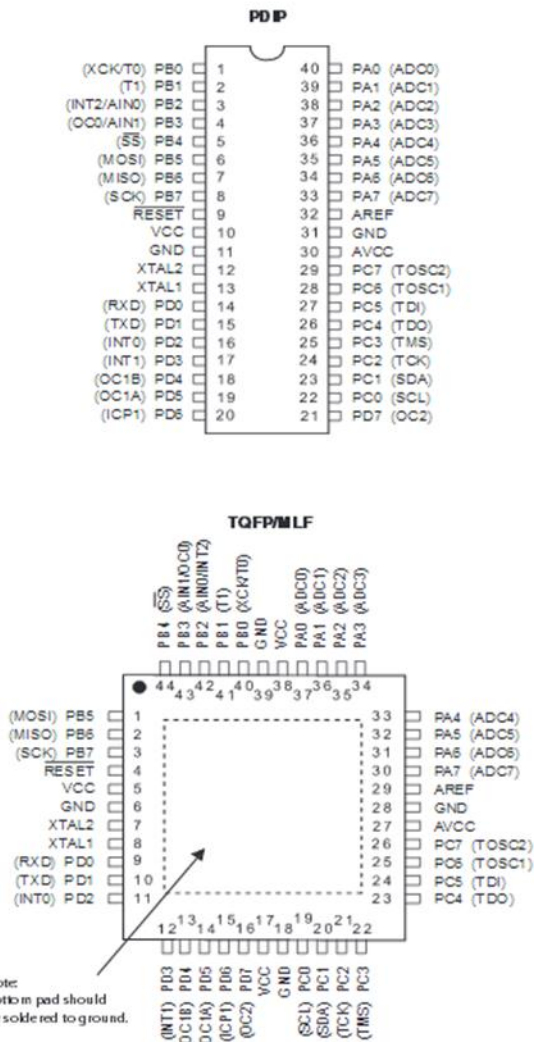


8-bit AVR[®]
Microcontroller
with 32KBytes
In-System
Programmable
Flash

ATmega32
ATmega32L

Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega32



LAMPIRAN D


(Tabel T- Student Distribution (T- Distribution))

Upper critical values of Student's t distribution with ν degrees of freedom

ν	Probability of exceeding the critical value					
	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001
1.	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	318.313
2.	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.327
3.	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.215
4.	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173
5.	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893
6.	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208
7.	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.782
8.	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.499
9.	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.296
10.	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.143
11.	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.024
12.	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.929
13.	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852
14.	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787
15.	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733
16.	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686
17.	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646
18.	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610
19.	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579
20.	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552
21.	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527
22.	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505
23.	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485
24.	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467
25.	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450
26.	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435
27.	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421
28.	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408
29.	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.396
30.	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385
31.	1.309	1.696	2.040	2.453	2.744	3.375
32.	1.309	1.694	2.037	2.449	2.738	3.365
33.	1.308	1.692	2.035	2.445	2.733	3.356
34.	1.307	1.691	2.032	2.441	2.728	3.348
35.	1.306	1.690	2.030	2.438	2.724	3.340
36.	1.306	1.688	2.028	2.434	2.719	3.333
37.	1.305	1.687	2.026	2.431	2.715	3.326
38.	1.304	1.686	2.024	2.429	2.712	3.319
39.	1.304	1.685	2.023	2.426	2.708	3.313
40.	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307
41.	1.303	1.683	2.020	2.421	2.701	3.301
42.	1.302	1.682	2.018	2.418	2.698	3.296
43.	1.302	1.681	2.017	2.416	2.695	3.291
44.	1.301	1.680	2.015	2.414	2.692	3.286
45.	1.301	1.679	2.014	2.412	2.690	3.281
46.	1.300	1.679	2.013	2.410	2.687	3.277
47.	1.300	1.678	2.012	2.408	2.685	3.273
48.	1.299	1.677	2.011	2.407	2.682	3.269
49.	1.299	1.677	2.010	2.405	2.680	3.265
50.	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	3.261

LAMPIRAN E

(Sertifikat Kalibrasi TP22 ThermoPalm)

 **PT. Siwali Swantika**
Artha Gading Niaga Blok C No. 20, Jl. Boulevard Artha Gading, Kelapa Gading, Jakarta 14240 - Indonesia
Tel. +62-21-45850618 Fax. +62-21-45850619 Email: siwali@cbn.net.id Website: www.siwali.com

 **KAN**
Komite Akreditasi Nasional
LABORATORIUM KALIBRASI
SK-10308

QB-5.10.01

SERTIFIKAT KALIBRASI CALIBRATION CERTIFICATE

No : 557 /SS/CAL-CERT/ 16

<u>IDENTITAS ALAT</u> <i>Instrument Details</i>	<u>IDENTITAS PEMILIK</u> <i>Owner Identification</i>
Nama Alat Ukur : TP22 ThermoPalm	Nama Perusahaan : Lab. Teknik Instrumentasi - ITS
Instrument Name : TP22 ThermoPalm	Company Name : Lab. Teknik Instrumentasi - ITS
Nomor Seri : 61660337	Alamat : Jl Raya ITS, Keputih, Sukolilo, SBY
Serial Number : 61660337	Address : Jl Raya ITS, Keputih, Sukolilo, SBY
Merek Pabrik : Rotronic	
Manufacture : Rotronic	
Kondisi : Layak dikalibrasi	
Condition : Layak dikalibrasi	


INFORMASI KALIBRASI *Calibration Information*

Tanggal Penerimaan : 2 November 2016
Receive Date : 2 November 2016
Tanggal Kalibrasi : 14 November 2016
Calibration Date : 14 November 2016
Kalibrasi dilakukan pada suhu : $(24 \pm 2) ^\circ\text{C}$
Calibration is done at temperature : $(24 \pm 2) ^\circ\text{C}$
Metode Kalibrasi : Perbandingan pengukuran dengan hasil ukur sensor PRT reference.
Calibration Method : Perbandingan pengukuran dengan hasil ukur sensor PRT reference.

Alat ukur/sumber standar yang digunakan tertelusur ke SI melalui KIM LIPI atau lembaga pengukuran nasional lainnya yang diakui.
Standard used for calibration are traceable to SI through KIM LIPI or other recognized national measurement institutes.

<u>Nomor Standar</u> <i>Asset Number</i>	<u>Keterangan</u> <i>Description</i>	<u>Tanggal Re-Kalibrasi</u> <i>Cal. due Date</i>
2365	Haft Scientific 5626 PRT Pt-100	12 May 2017
A82701	Haft Scientific 1529 THERMOMETER READOUT	9 November 2017

Sertifikat ini terdiri atas 2 Halaman
This certificate comprises 2 Pages
Diterbitkan tanggal 14 November 2016
Date of issue 14 November 2016


Yoyong Hendrawan, ST
Manajer Umum

Dilarang mengutip/memperbanyak dan/atau mempublikasikan sebagian isi sertifikat ini tanpa izin tertulis dari PT. Siwali Swantika
This report may not be reproduced, except in full, without a written permission from PT. Siwali Swantika
Sertifikat ini sah bila telah dibubuhi cap PT. Siwali Swantika
This certificate is valid only if it is already stamped by PT. Siwali Swantika

Page 1 Of 2

BIODATA



Zulfa Anis Labiba yang biasa dipanggil “Zulfa” ini merupakan mahasiswa dari daerah Banyuwangi. Penulis menempuh pendidikan formal di MIN Songgon, SMP Bustanul Makmur Genteng S, Dan SMAN 1 GIRI Banyuwangi. Pada tahun 2014 penulis mengikuti test ujian D3 ITS dan diterima pada jurusan D3 Metrologi dan Instrumentasi ini. Apabila ada pertanyaan mengenai tugas akhir penulis dapat menghubungi 082234662814 atau email : zulfa.labiba@gmail.com